KSE | Центр досліджень продовольства та землекористування

Аналітична записка

Регіоналізація сільського господарства України

Петро Пивовар,
Григорій Стольнікович

Цей аналіз представляє регіоналізацію аграрного сектора України для моделі AGMEMOD. Основною мотивацією для аналізу є необхідність взяти до уваги структурні відмінності у сільськогосподарському виробництві в різних регіонах України, з метою покращення точності та деталізації прогнозів. Метод кластеризації K-means було застосовано до набору даних середніх значень урожайності по регіонах для шести основних сільськогосподарських культур. Запропонована регіоналізація представлена на **рисунку 1.** Середні значення врожайності для основних культур по кластерах представлені в **таблиці 1**.

Рисунок 1. Запропонована регіоналізація

Джерело: *Власні розрахунки*

Таблиця 1. Середні значення врожайності основних кільтур по кластерам, ц/га

Кластер	Пшениця	Кукурудза	Ячмінь	Соя	Ріпак	Соняшник
1	51.45	85.59	46.62	26.09	31.70	29.71
2	47.11	75.39	40.03	21.89	28.70	26.91
3	38.24	52.78	33.31	18.82	22.79	21.34

Джерело: *Власні розрахунки на даних Державної Служби Статистики України*

Вступ та мотивація

Регіоналізація в контексті сільськогосподарського виробництва стосується поділу країни на кілька регіонів на основі різних факторів, які впливають на виробничі характеристики цих регіонів. Визнання та врахування цих регіональних відмінностей дозволяє робити більш точні та детальні прогнози, які відображають специфічні для регіону схеми та виклики.

Раніше регіоналізація в українському компоненті моделі AGMEMOD була реалізована Богонос та Степанюк (2017). Запропонований поділ України на п’ять регіонів (Мішаний Ліс, Лісостеп, Степ, Крим, Донбас) базувався на розрахунках відмінностей у врожайності в різних кліматичних зонах.

Потреба в оновленій регіоналізації виникає з двох напрямків. По-перше, в контексті повномасштабного вторгнення Росії в Україну та його наслідків для аграрного сектору, передбачається, що нові структурні відмінності між адміністративними регіонами виникають. Збитки, втрати та порушення ланцюгів постачання очікуються мати тривалий ефект, який триватиме роками, тому ми вважаємо, що цей компонент має бути включений в оновлену регіоналізацію.

По-друге, хоча відмінності у врожайності охоплюють значну кількість інформації про структурні відмінності у виробництві сільськогосподарської продукції між регіонами, все ж залишається велика частина варіації, яка не пояснюється однофакторним підходом, оскільки відмінності у врожайності можуть бути спричинені різними факторами. У цьому аналізі ми прагнемо врахувати ці фактори також, що дозволить отримати більш точний поділ.

У наступних розділах цієї аналітичної записки ми розглянемо підхід, який використовується, вибір індикаторів та представимо результати аналізу з оглядом запропонованих регіонів. Щоб уникнути плутанини, в подальшому тексті адміністративні регіони (області) позначаються як "регіони", а запропоновані одиниці регіоналізації - як "кластери".

Підхід та вибір індикаторів

Метою регіоналізації є проведення регіоналізації областей України для підвищення точності прогнозів та апробації різних сценаріїв розвитку аграрного сектору.
Основними методами для проведення регіоналізації є K-means, стандартне відхилення врожайності основних сільськогосподарських культур (пшениця, кукурудза, ячмінь, соя, ріпак, соняшник).

Індикатором ефективності регіоналізації є мінімальне відхилення врожайності основних сільськогосподарських культур об’єднаних в кластери у порівнянні із відхиленням урожайності без регіоналізації.

Вхідні дані:

- Урожайність: пшениця, кукурудза, ячмінь, соя, ріпак, соняшник.

- Урожайність бралась в середньому за 2019, 2020, 2021, 2023 роки.
- в розрізі типів товаровиробників: усі виробники (all producers), усі підприємства (all enterprises), фермери (farms), домашні господарства (households);
- в розрізі областей України: – 20 областей (без АРК, Херсон, Запоріжжя, Донецьк, Луганськ).

Крим було виключено з аналізу через недоступність достовірних данних останніх років. Втім, Крим був виключений з аналізу через відсутність достовірних останніх даних, як зазначалося раніше. Однак припускається, що Крим має бути виділено в окремий регіон, як це було зроблено в попередній регіоналізації, через його відмінні кліматичні та економічні характеристики.
Херсон, Запоріжжя, Донецьк, та Луганськ було виокремлено в окремий кластер через комплекс специфічних умов, які включають військові дії, що суттєво впливають на всі аспекти життя, включаючи сільське господарство. Постійні конфлікти призводять до руйнування інфраструктури, що робить нормальне ведення аграрного бізнесу практично неможливим. Багато сільськогосподарських угідь заміновано, що робить їх небезпечними для обробки та використання. Це значно знижує доступну для сільського господарства площу та ускладнює механізоване оброблення землі. Інфраструктурні об'єкти, включаючи зрошувальні системи, дороги, склади та сільськогосподарські підприємства, значною мірою зруйновані. Ці фактори роблять ці області унікальними в контексті сільськогосподарської діяльності та потребують особливого підходу при плануванні та управлінні аграрними ресурсами.

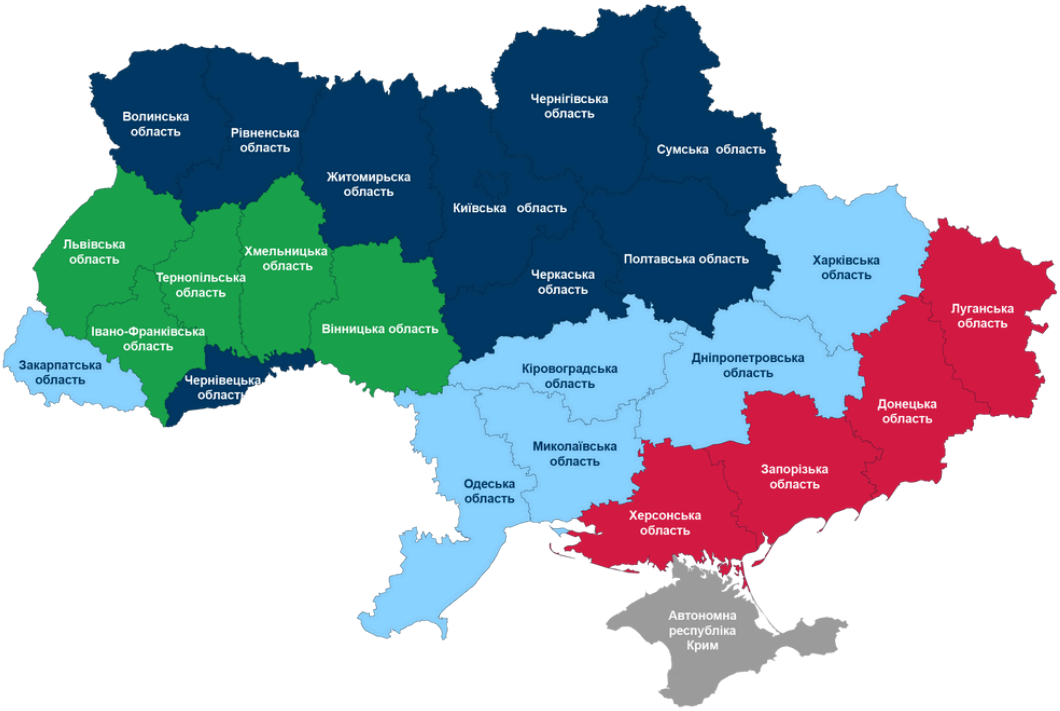
У науковій літературі розглядаються різні методи регіоналізації та кластеризації, які можна застосувати в наукових дослідженнях. Наприклад, у роботі "Regionalizationand Clustering in Applied Geography" авторів Aydin, O., Janikas, Mark. V., Assunção, R. M., & Lee, T. H. описано ієрархічні (агломеративні та дивізійні) та неієрархічні (метод k-середніх) методи кластеризації для формування регіонів на основі схожості між об'єктами. Аналіз найближчих сусідів та просторової автокореляції допомагають виявити просторові патерни та ступінь зв'язку між значеннями змінних у сусідніх місцях. У книзі "Geostatistical and Geospatial Approaches for the Characterization of Natural Resources in the Environment" під редакцією N. Janardhana Raju розглянуто геостатистичні методи, такі як крігінг і варіографічний аналіз, для інтерполяції та моделювання просторових даних, а також багатовимірну геостатистику для аналізу взаємопов'язаних змінних. Методи геопросторового аналізу, включаючи географічні інформаційні системи (ГІС) та дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), є важливими інструментами для збору, зберігання, аналізу та візуалізації геопросторових даних. Зважаючи на різноманіття методів, метод K-means виявляється найбільш придатним для завдання регіоналізації через його здатність ефективно кластеризувати дані на основі заздалегідь визначеної кількості кластерів та забезпечувати високу точність і узгодженість результатів.

Підходи до кластеризації:

1. Кластеризація на основі природно-кліматичних умов. Вхідні дані: площа заліснених територій, трав'янистих ценозів та культивованих угідь (дані отримані на основі алгоритму Dynamic World V1 для класифікації супутникових знімків Sentinel – 2, середня температура кожного місяця, сума опадів за місяць основі інформації отриманої із супутникового апарату ERA5 (Daily Aggregates). Дані для аналізу брались за 2021 рік. Результати представлено в Додатку 1.
2. На основі врожайності та площ основних сільськогосподарських культур. Результати представлено в Додатку 2.
3. На основі гідротермального коефіцієнта. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – це показник, що використовується в агрономії та метеорології для оцінки взаємозв'язку між температурою та опадами в певному регіоні за визначений період, зазвичай вегетаційний сезон. Він дає уявлення про гідротермічні умови, які є критично важливими для розвитку сільськогосподарських культур. ГТК обчислюється за формулою: ГТК=R/(0.1×T), де: R – сума опадів за певний період (в міліметрах), T – сума середньодобових температур за той же період (в градусах Цельсія). Високі значення ГТК вказують на вологі умови, тоді як низькі значення – на посушливі умови. Зазвичай ГТК використовується для оцінки вологозабезпеченості території, що є важливим для планування агротехнічних заходів. Результати представлено в Додатку 3.

На основі врожайності основних сільськогосподарських культур. Порівняння середнього стандартного відхилення основних сільськогосподарських культур на основі представлених вище 4 методичних підходів на основі методу K-means демонструє що 4 підхід кластеризації - На основі врожайності основних сільськогосподарських культур є найбільш доцільним для проведення подальшої регіоналізації.

Рисунок 2. Запропонований розподіл на 4 кластери.



Джерело: *Власні розрахунки*

Результати та огляд кластерів

Запропонований розподіл на 4 кластери зображено на Рисунку 1. Отримані кластери:
Північ-Центр: Чернігівська, Сумська, Полтавська, Київська, Житомирська, Черкаська, Волинська, Рівненська, Чернівецька.
Захід-Південь: Львівська, Тернопільська, Хмельницька, Вінницька, , Івано-Франківська.
Центр-Схід: Харківська, Дніпропетровська, Кіровоградська, Одеська, Миколаївська, Закарпатська.
Південь-Схід: Луганська, Донецька, Запоріжська та Херсонська.

Порівняння стандартного відхилення врожайності основних сільськогосподарських культур в середньому по всіх областях та об'єднаних в регіони

	Пшениця	Кукурудза	Ячмінь	Соя	Ріпак	Соняшник
стандартне відхилення врожайності в середньому по всіх областях						
All producers	6.8	18.8	5.5	4.3	4.0	4.2
All enterprises	7.2	15.4	6.8	3.9	4.1	4.1
Enterprises (except farms)	7.5	14.3	7.6	3.4	4.0	4.1
Farms	6.6	18.0	6.1	5.1	4.5	4.0
Households	5.2	9.7	4.5	3.2	3.6	3.6
стандартне відхилення врожайності в середньому по трьох кластерах						
All producers	4.3	8.3	2.2	3.1	2.5	2.5
All enterprises	4.2	8.3	3.1	2.8	1.9	2.4
Enterprises (except farms)	4.4	8.1	3.9	2.4	2.1	2.6
Farms	4.0	8.9	2.8	4.5	2.5	2.4
Households	3.8	6.1	3.4	2.2	2.8	2.8

Регіоналізація суттєво знижує стандартне відхилення врожайності для всіх категорій виробників та всіх основних культур, що вказує на підвищення стабільності врожаїв у межах кожного кластеру. Для наочності розглянемо конкретні приклади. Для пшениці серед всіх виробників стандартне відхилення знизилось з 6.8 до 4.3, серед підприємств – з 7.2 до 4.2, серед підприємств (без фермерських господарств (ФГ)) – з 7.5 до 4.4, серед ФГ – з 6.6 до 4.0, серед ОСГ – з 5.2 до 3.8. Для кукурудзи серед всіх виробників стандартне відхилення знизилось з 18.8 до 8.3, серед підприємств – з 15.4 до 8.3, серед підприємств (без ФГ) – з 14.3 до 8.1, серед ФГ – з 18.0 до 8.9, серед ОСГ – з 9.7 до 6.1. Для ячменю серед всіх виробників стандартне відхилення знизилось з 5.5 до 2.2, серед підприємств – з 6.8 до 3.1, серед підприємств (без ФГ) – з 7.6 до 3.9, серед ФГ – з 6.1 до 2.8, серед ОСГ – з 4.5 до 3.4. Для сої серед всіх виробників стандартне відхилення

знизилось з 4.3 до 3.1, серед підприємств – з 3.9 до 2.8, серед підприємств (без ФГ) – з 3.4 до 2.4, серед ФГ – з 5.1 до 4.5, серед ОСГ – з 3.2 до 2.2. Для ріпаку серед всіх виробників стандартне відхилення знизилось з 4.0 до 2.5, серед підприємств – з 4.1 до 1.9, серед підприємств (ФГ) – з 4.0 до 2.1, серед ФГ – з 4.5 до 2.5, серед ОСГ – з 3.6 до 2.8. Для соняшнику серед всіх виробників стандартне відхилення знизилось з 4.2 до 2.5, серед підприємств – з 4.1 до 2.4, серед підприємств (ФГ) – з 4.1 до 2.6, серед ФГ – з 4.0 до 2.4, серед ОСГ – з 3.6 до 2.8.

Найбільша ефективність кластеризації спостерігається для таких культур, як пшениця, кукурудза та ячмінь, де стандартне відхилення значно знижується. Для пшениці відхилення знижується з 6.8 до 4.3 серед усіх виробників, що вказує на краще групування регіонів за їх аграрними характеристиками. Для ячменю відхилення знижується з 5.5 до 2.2, що свідчить про значне покращення стабільності врожаїв у кластерах.

Найбільше зниження відхилення врожайності спостерігається групах усіх виробників та ОСГ. Наприклад, для кукурудзи серед усіх виробників відхилення знижується з 18.8 до 8.3, що вказує на значне підвищення стабільності та передбачуваності врожаїв. Це зниження більш ніж удвічі означає, що регіоналізація дозволяє зменшити вплив несприятливих факторів, таких як погодні умови та нерівномірний розподіл ресурсів. Серед ОСГ відхилення знижується з 9.7 до 6.1, що також свідчить про ефективність регіоналізації. Завдяки цьому, господарства отримують можливість краще планувати свої ресурси, розподіляти робочу силу та оптимізувати використання добрив і засобів захисту рослин.

Результати показують, що використання методів K-means та аналізу стандартного відхилення врожайності для регіоналізації областей України є ефективним підходом для підвищення точності прогнозів та покращення стабільності аграрного виробництва. Це дозволяє краще планувати аграрні стратегії, адаптуватися до змін клімату та покращувати управління ресурсами. Крім того, підвищення стабільності врожаїв сприяє зростанню економічної стабільності регіонів та забезпечує більш передбачувані доходи для аграріїв, що, в свою чергу, позитивно впливає на загальний розвиток сільського господарства в Україні.

Список джерел

Aydin, O., Janikas, M. V., Assunção, R. M., & Lee, T. H. (2021). A quantitative comparison of regionalization methods. International Journal of Geographical Information Science, 35(11), 2287-2315.

Bogonos, M., O. Stepaniuk (2017): Agricultural Outlook Ukraine 2017-2030. Baseline: projection of development of the agricultural sector in current economic and political frameworks and absent monetary state support. Agricultural Policy Report APD/APR/06/2017, German-Ukrainian Agricultural Policy Dialogue, Kyiv.

Brown, C.F., Brumby, S.P., Guzder-Williams, B. et al. Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. Sci Data 9, 251 (2022). doi:10.1038/s41597-022-01307-4

Copernicus Climate Change Service (C3S) (2017): ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS), (date of access), https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home

Raju, N. J. (2016). Geostatistical and geospatial approaches for the characterization of natural resources in the environment. Cham: Springer, 969.

Клименко, Т. В., & Трембіцька, О. І. (2021). Зміна температурного режиму повітря та гідротермічного коефіцієнта (ГТК) вегетаційного періоду у зоні Полісся України. Sciences of Europe, (78-2), 5-7.

Додаток 1

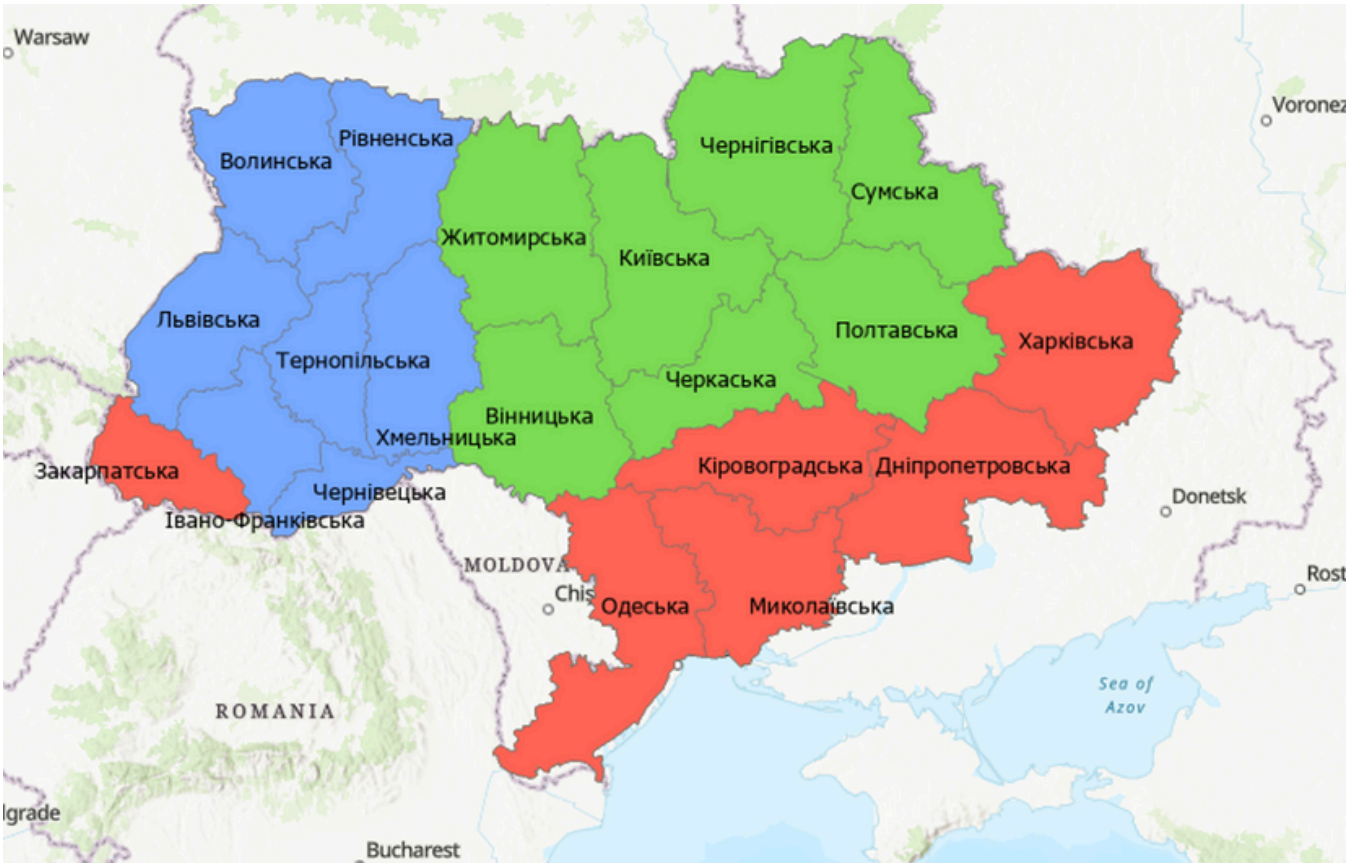
1.Кластеризація на основі природно-кліматичних умов

Середньостатистичне відхилення врожайності основних сільськогосподарських культур

	Пшениця	Кукурудза	Ячмінь	Соя	Ріпак	Соняшник
стандартне відхилення врожайності в середньому по всіх областях						
All produsers	6.8	18.8	5.5	4.3	4.0	4.2
All enterprises	7.2	15.4	6.8	3.9	4.1	4.1
Enterprises (except farms)	7.5	14.3	7.6	3.4	4.0	4.1
Farms	6.6	18.0	6.1	5.1	4.5	4.0
Households	5.2	9.7	4.5	3.2	3.6	3.6
стандартне відхилення врожайності в середньому по трьох кластерах						
All producers	6.0	11.7	4.3	2.8	2.7	2.8
All enterprises	6.1	11.4	4.3	3.9	4.4	2.1
Enterprises (except farms)	5.0	13.9	5.1	4.7	4.3	2.8
Farms	6.4	10.5	4.9	2.4	3.6	3.4
Households	6.1	14.6	5.2	3.3	2.8	3.3

Додаток 2

2.На основі врожайності та площ основних сільськогосподарських культур

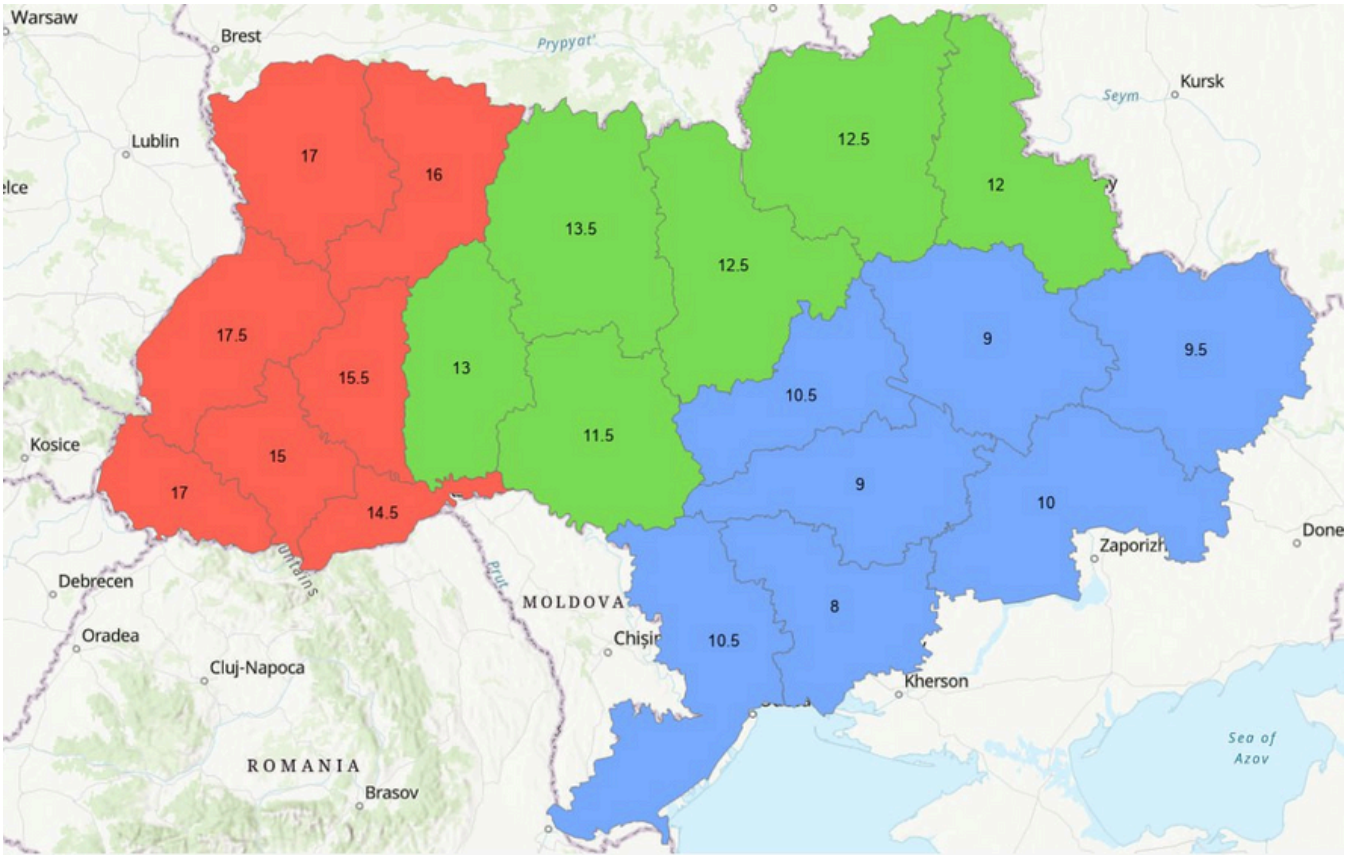


Середньостатистичне відхилення врожайності основних сільськогосподарських культур

	Пшениця	Кукурудза	Ячмінь	Соя	Ріпак	Соняшник
стандартне відхилення врожайності в середньому по всіх областях						
All produsers	6.8	18.8	5.5	4.3	4.0	4.2
All enterprises	7.2	15.4	6.8	3.9	4.1	4.1
Enterprises (except farms)	7.5	14.3	7.6	3.4	4.0	4.1
Farms	6.6	18.0	6.1	5.1	4.5	4.0
Households	5.2	9.7	4.5	3.2	3.6	3.6
стандартне відхилення врожайності в середньому по трьох кластерах						
All producers	6.1	11.9	4.9	2.7	2.8	3.0
All enterprises	6.6	12.1	4.9	3.9	4.5	2.3
Enterprises (except farms)	5.6	14.2	5.5	4.7	4.4	3.0
Farms	6.5	11.1	5.4	2.7	2.7	3.8
Households	5.6	12.1	4.5	3.3	3.4	3.2

Додаток 3

3. На основі гідротермального коефіцієнта.



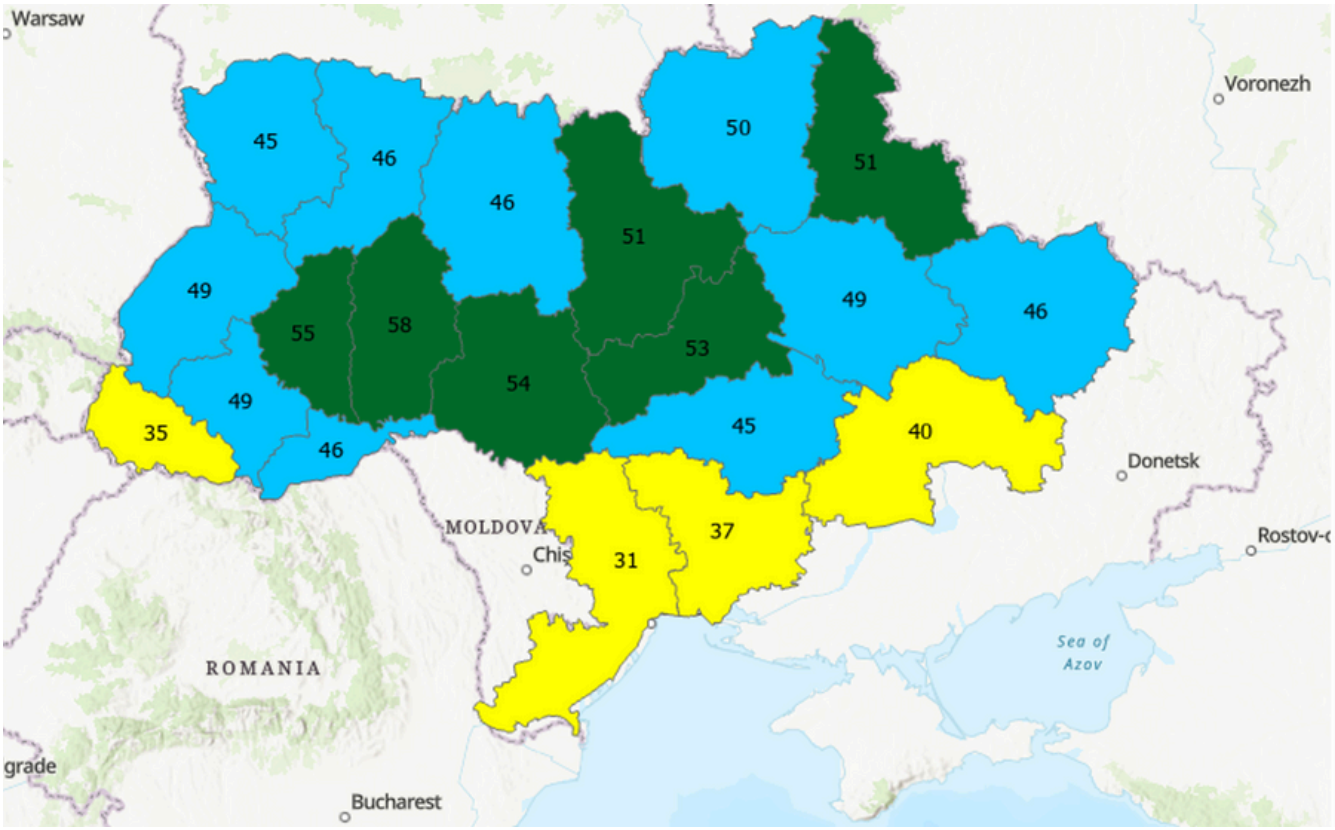
Середньостатистичне відхилення врожайності основних сільськогосподарських культур

	Пшениця	Кукурудза	Ячмінь	Соя	Ріпак	Соняшник
стандартне відхилення врожайності в середньому по всіх областях						
All produsers	6.8	18.8	5.5	4.3	4.0	4.2
All enterprises	7.2	15.4	6.8	3.9	4.1	4.1
Enterprises (except farms)	7.5	14.3	7.6	3.4	4.0	4.1
Farms	6.6	18.0	6.1	5.1	4.5	4.0
Households	5.2	9.7	4.5	3.2	3.6	3.6
стандартне відхилення врожайності в середньому по трьох кластерах						
All producers	5.8	12.2	4.6	2.3	2.9	3.7
All enterprises	7.0	11.9	4.6	3.6	4.7	3.9
Enterprises (except farms)	5.9	12.0	5.7	4.0	4.4	3.7
Farms	7.2	11.2	6.0	2.8	3.4	3.5
Households	6.1	13.1	4.3	3.0	3.5	4.0

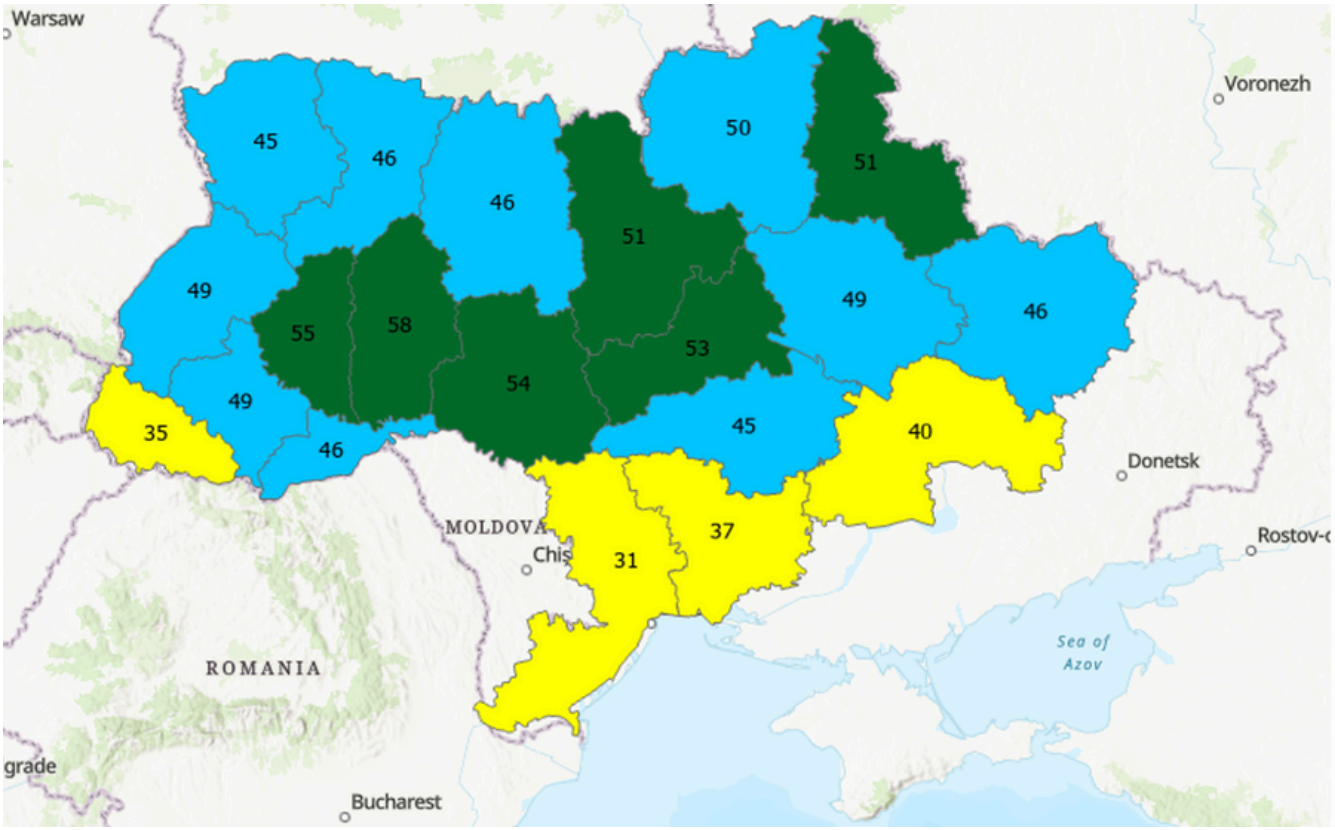
Додаток 4

4. Кластеризація областей на основі урожайності кожної окремої культури

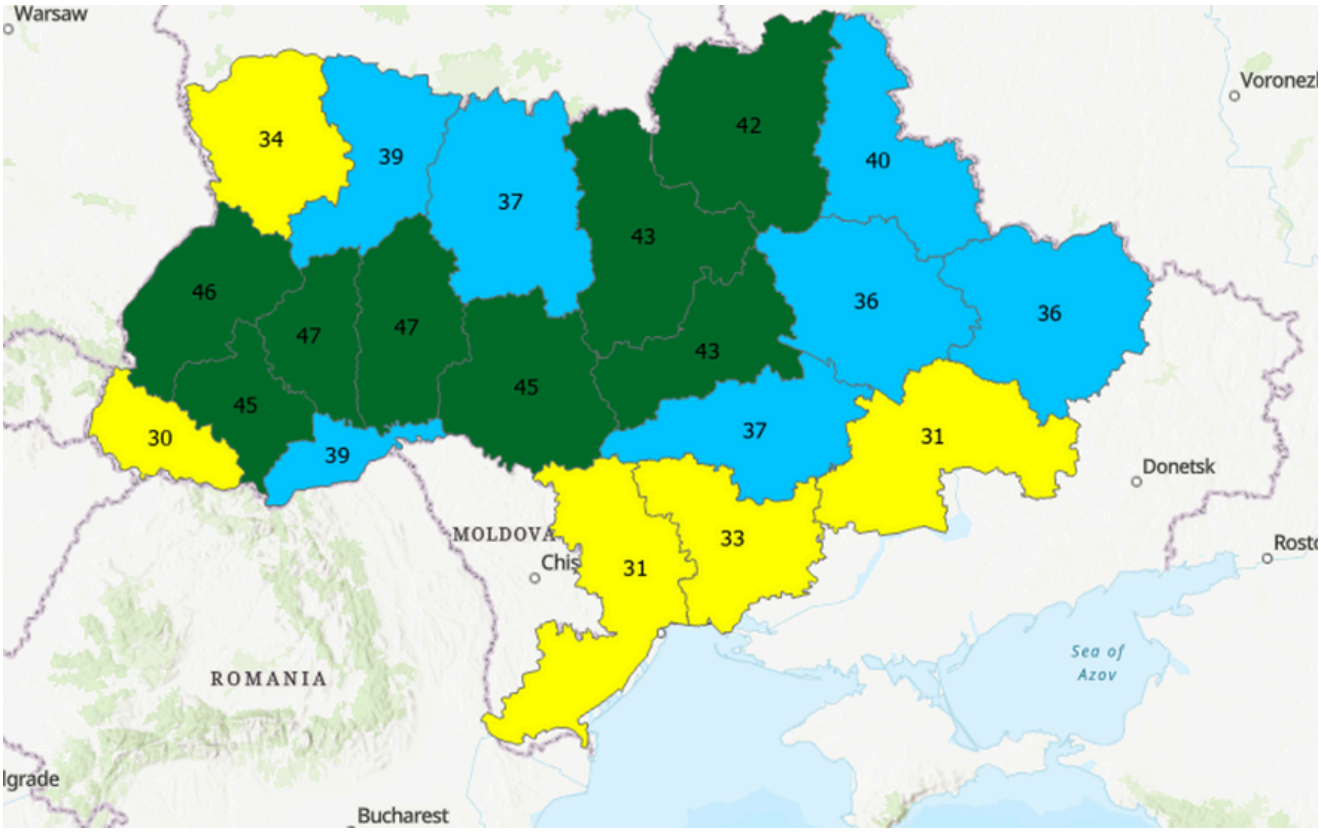
Кластеризація областей на основі урожайності пшениці



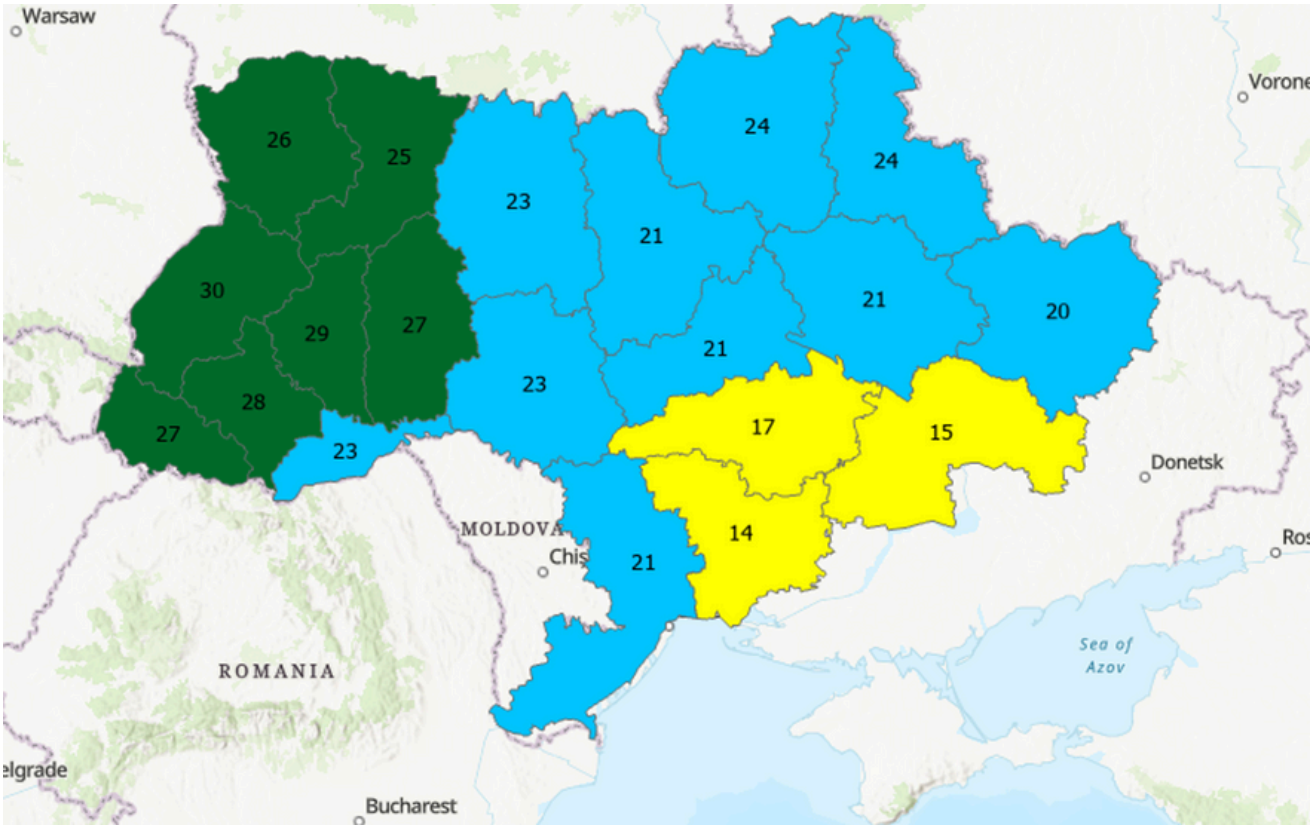
Кластеризація областей на основі урожайності кукурудзи



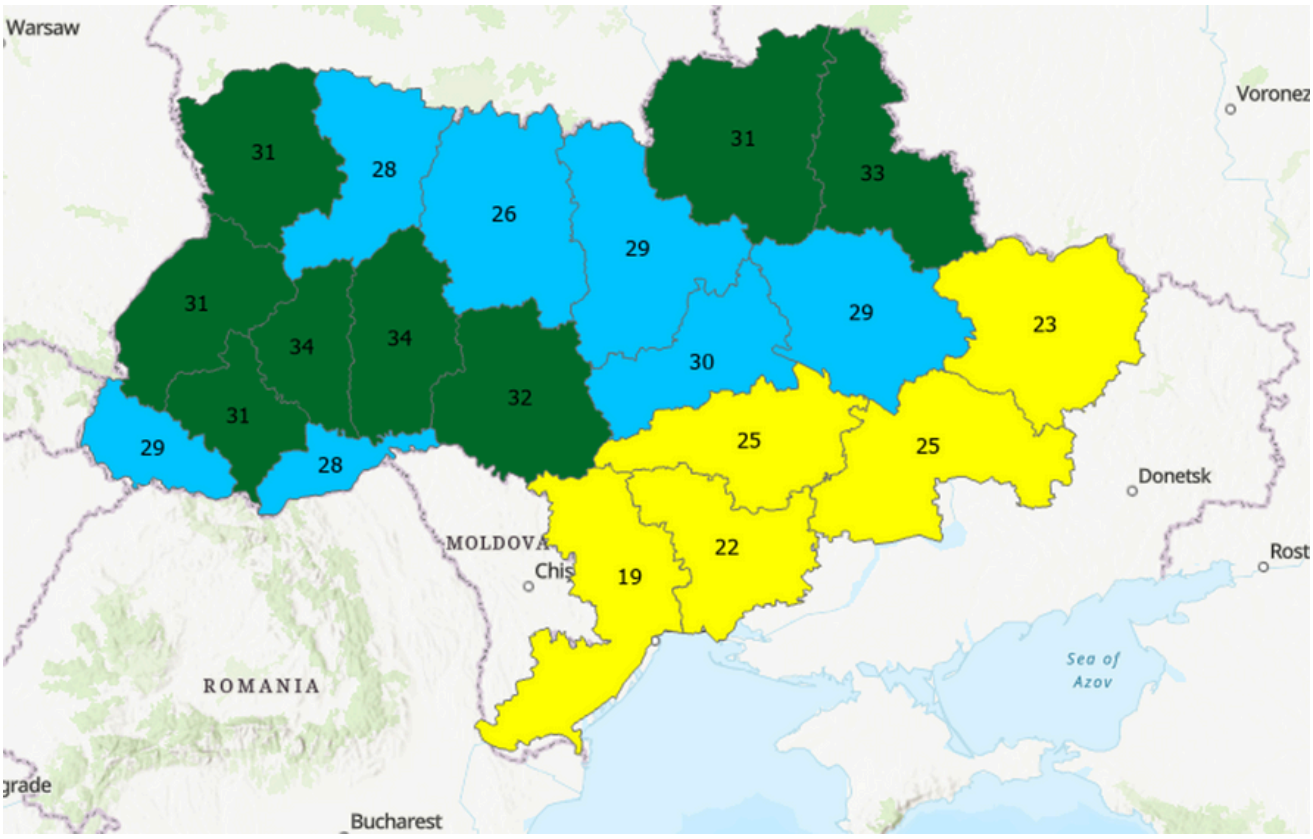
Кластеризація областей на основі урожайності ячменю



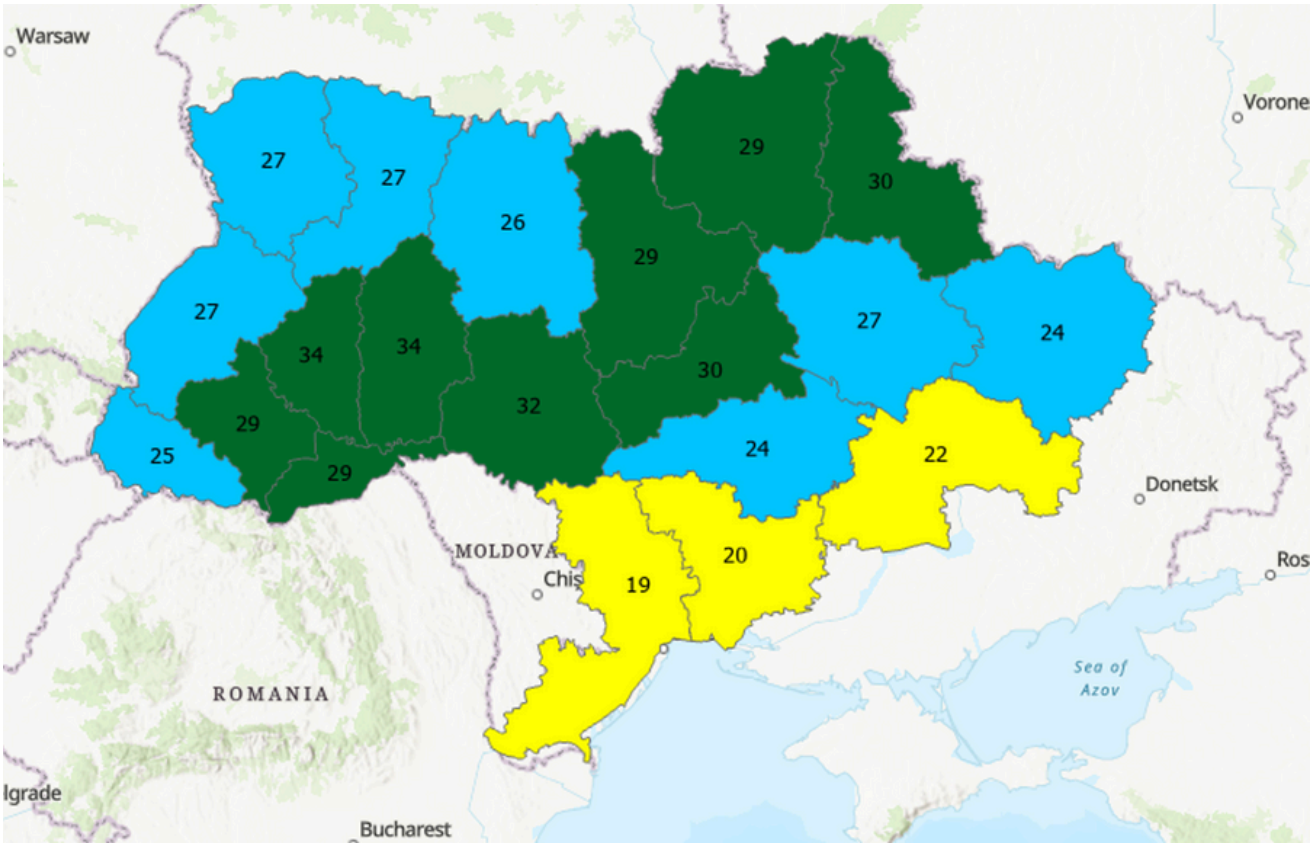
Кластеризація областей на основі урожайності сої



Кластеризація областей на основі урожайності ріпаку



Кластеризація областей на основі урожайності соняшнику



Контакти

Центр досліджень продовольства
та землекористування
(KSE Агроцентр)

© 2024, Україна,
Київська школа економіки
вул. Миколи Шпака, 3

www.kse.ua

KSE | Центр досліджень продовольства та землекористування

www.agrocenter.kse.ua

agrifood@kse.org.ua

Telegram
KSE Agrocenter