

© Грицюк П.М., 2011

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

ЦИКЛИ ЗЕРНОВИРОБНИЦТВА: АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ

Для більшості областей України властива подвійна циклічність зерновиробництва з періодами циклів 4 роки і 17-23 років. Короткі цикли більш яскраво виражені в степових областях. З використанням лінійно-гармонічної моделі виконано середньострокове прогнозування врожайності та валового збору зернових.

Ключові слова: зерновиробництво, цикли, лінійно-гармонічна модель, середньострокове прогнозування.

Циклічність економічних процесів.

Концепція циклічності економічних процесів є відображенням діалектики розвитку та саморегулювання складних нелінійних систем зі зворотним зв'язком. Циклічність – одна з головних ознак детермінованої поведінки системи. Для лінійних консервативних систем характерна строго періодична циклічність. Більшість природних та економічних систем належить до класу нелінійних дисипативних систем і нелінійних автоколивальних систем. Для таких об'єктів характерні коливання зі змінними значеннями періоду й амплітуди.

Циклічні процеси, які відбуваються в економічному житті суспільства, поділяються на різні типи, найважливішими з яких такі [1]:

- цикл економічної кон'юнктури (тривалість – 3,5 – 5 років);
- діловий (тривалість 6–12 років);
- будівельний цикл, або цикл Кузнеця (тривалість 6–12 років);
- цикл Кондратьєва (тривалість 45–65 років);
- цикл лідерства (тривалість 100–150 років).

В основу теорії економічних циклів покладено ідею М. Кондратьєва про економічну рівновагу, її порушення та відновлення, що мають хвилеподібний характер. Пояснення механізму виникнення циклів економічної динаміки запропонував австрійський економіст Й. Шумпетер [2].

Оскільки наукові відкриття забезпечують значний прорив у технологіях, це сприяє прискореному нагромадженню капіталу, зростанню прибутків і економічному піднесенню загалом. Однак знасиченням ринку попит різко скорочується, прибутки знижуються і значна частина капіталу стає надлишковою. Саме так, на думку Й. Шумпетера, виникають “хвилі підвищення” та “хвилі зниження” великого циклу. Американський економіст В. Леонт'єв для боротьби з циклічністю економічної динаміки запропонував модель міжгалузевого балансу. В основу цієї моделі кладеться план-матриця випуску всіх видів матеріальних благ з урахуванням витрат на їх виробництво. Аналіз динаміки компонентів міжгалузевого балансу дозволяє здійснювати державне регулювання економіки на основі антициклічної економічної політики. Викладені ідеї та міркування можна використати для зменшення негативного ефекту від коливань зерновиробництва в Україні.

Аналіз динаміки зерновиробництва в Україні свідчить про значну нестабільність системи зернового виробництва. Внаслідок низької технологічної культури та хронічного недофінансування валовий врожай зернових вирішальним чином залежить від погодно-кліматичних умов і може змінюватись рік від року на 100% і більше. Це викликає різкі коливання цін на продовольство, сплески інфляційних процесів, створює загрозу економічній безпеці держави. Оскільки врожайність є

результатом діяльності природно-економічної системи, можна чекати появи нових, властивих лише для системи зерновиробництва, циклів. Проблему циклічності зерновиробництва досліджували В.Г. Михайловський, М.І. Семенов, А.А. Чупров, М.С. Четвериков, А.І. Манелля, І.Б. Загайтов, Л.П. Яновський, В.П. Тимошенко, О.В.Олійник. Дослідження, проведені автором на основі сучасних статистичних даних, підтвердили існування циклів урожайності зернових культур для всіх областей України [3]. У даній роботі узагальнюються результати авторських досліджень проблеми циклів зерновиробництва в Україні

Виділення циклів урожайності. Розглянемо адитивну модель часового ряду урожайності

$$Y(t) = V(t) + C(t) + E(t). \quad (1)$$

Згідно з (1) кожен рівень часового ряду урожайності $Y(t)$ може бути представлений як сума трендової $V(t)$, циклічної $C(t)$ і випадкової $E(t)$ компонент. Вибір

$$Y(t) = c_0 + c_1 t + \sum_{i=1}^m a_i \cos\left(\frac{2\pi}{T_i} t\right) + \sum_{i=1}^m b_i \sin\left(\frac{2\pi}{T_i} t\right) + E(t) \quad (2)$$

ут $Y(t)$ – фактичні значення урожайності, c_0, c_1 – коефіцієнти лінійної функції, a_i, b_i, T_i – амплітудні коефіцієнти та період i – ої гармоніки, m – кількість гармонік, включених у модель. За оцінками

$$\Psi = \sum_{t=T_{\min}}^{T_{\max}} \left(x_t - c_0 - c_1 t - \sum_{k=1}^i \left[a_k \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_k} t\right) + b_k \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_k} t\right) \right] \right)^2 \rightarrow \min \quad (3)$$

Мінімізація функціоналу (3) здійснюється поетапно. Спочатку виділяється лінійний тренд за методом найменших квадратів. З отриманого ряду залишків виділяється найбільш суттєва гармоніка за умовою мінімуму функціоналу (3) при $i = 1$. Після вилучення першої гармоніки отримується ряд других залишків, з якого виділяється друга гармоніка, і т.п. Значення коефіцієнтів гармонік визначають за методом найменших квадратів у поєднанні зі скануванням осі періодів на проміжку $[T_{\min}, T_{\max}]$ з кроком ΔT (ми приймали, що $T_{\min} = 2$;

адитивної моделі часового ряду обумовлений адитивним характером динаміки приростів врожайності.

Для прогнозування врожайності необхідно побудувати аналітичні вирази трендової та циклічної компонент моделі (1). Класичний гармонічний аналіз, розроблений Фур'є, малоприматний для моделювання економічних часових рядів. Частоти базових гармонік Фур'є залежать від довжини ряду i , зазвичай, не збігаються з частотою зовнішніх збурень і частотою власних коливань системи. Більш простий і обчислювально зручний метод практичного гармонічного аналізу запропонований автором під назвою «адаптивний гармонічний аналіз» [4]. Викладемо основні положення цього методу на прикладі аналізу динаміки врожайності зернових культур.

Побудуємо лінійно-гармонічну модель урожайності, в основі якої гіпотеза про те, що функція врожайності є сумою лінійної функції, декількох гармонік і випадкового чинника (шуму)

автора найбільш істотними є перші три гармоніки розкладу функції врожайності. Значення параметрів i -тої гармоніки ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) визначаються з умови мінімуму функціонала похибки моделі

$T_{\max} = 200$; $\Delta T = 0.1$). Результати гармонічного аналізу рядів урожайності озимої пшениці для областей України наведені в табл.1. Позначення T_1, T_2, T_3 - означають періоди циклів, A_1, A_2, A_3 - амплітуди циклів, обчислені за формулою $A_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2}$. Трендовий коефіцієнт c_1 дозволяє оцінити перспективи зростання зернової галузі у даному регіоні.

Аналіз табл. 1 показує, що для всіх областей України характерні такі цикли врожайності: довгий цикл (схожий до циклу

Кондратьєва) тривалістю від 41 до 56 років, середній цикл урожайності, тривалість якого для різних областей змінюється в межах від 17 до 23 років і короткий цикл. Тривалість останнього для 16 областей України (крім західного регіону) складає 3,9 – 4,0 роки. У 9 західних областях цей цикл малопомітний. Поясненням цього ефекту може слугувати вплив клімату Атлантики, якому властива дещо інша динаміка, ніж степовому регіону України. Клімат решти 16 областей більш континентальний, і для них спостерігаються короткі цикли зерновиробництва, які спричинені відповідними природно-кліматичними циклами. Зауважимо, що тривалість циклів зерновиробництва стохастично змінюється і адаптивний гармонічний аналіз дозволяє виявити усереднені (дробові) значення тривалості

$$V(t) = V_1(t) + V_2(t) = c_0 + c_1 t + a_1 \cos \frac{2\pi}{T_1} t + b_1 \sin \frac{2\pi}{T_1} t \quad (4)$$

Тут $t = 1, 2, \dots, n$ – поточний час (в роках), c_0, c_1, a_1, b_1 – коефіцієнти, T_1 – період першого циклу.

Цикл середньої тривалості (друга гармоніка) у більшості областей повторюється тричі і цього достатньо для того, щоб вважати цей цикл статистично достовірним. Другу гармоніку можна вважати статистично значущою (це відноситься і до інших гармонік), якщо її амплітуда перевищує середньоквадратичне відхилення ряду залишків. Розрахунки підтвердили виконання критерію статистичної значущості другої гармоніки для більшості областей України. Найкоротший 4-річний цикл статистично значущий лише для групи областей степової зони України. У табл.1 рядки, які відповідають цим областям, виділені сірим фоном. Про значущість третьої гармоніки свідчить перевищення її амплітуди над амплітудою другої (або першої) гармоніки.

Важливим критерієм статистичної значущості кожної з гармонік є критерій стійкості, згідно з яким періоди основних гармонік не повинні залежати від тривалості спостережень. Виконуючи гармонічний аналіз при різній довжині часового ряду

циклів врожайності, які є характерними для кожного регіону.

Статистичне обґрунтування лінійно-гармонічної моделі. Викладений вище підхід до гармонічного аналізу рядів врожайності є формальною математичною моделлю. Для підтвердження її адекватності необхідно розглянути питання про статистичне обґрунтування достовірності та значущості кожної з гармонік, яка входить у лінійно-гармонічну модель врожайності та виконати верифікацію моделі. З табл. 1 видно, що тривалість довгого циклу є близькою до тривалості періоду спостережень (55 років). Тому його існування не можна вважати статистично достовірним, і цей цикл розглядається лише як трендова компонента. Отже, тренд врожайності має дві складових: лінійну та гармонічну

врожайності, ми отримали висновок, що період третьої (короткої) гармоніки практично незмінний, а період другої (середньотривалої) гармоніки стабілізується зі збільшенням тривалості спостережень. Існування середнього та короткого циклів урожайності було також виявлено нами при гармонічному аналізі рядів урожайності зернових та зернобобових культур в областях України та рядів валового збору зернових.

Циклічність ціни зерна та рентабельності зерновиробництва. Циклічність зміни врожайності та валового збору породжують відповідні коливання ціни зерна та рентабельності зерновиробництва. Максимуми ціни зерна та рентабельності зерновиробництва спостерігалися у 1996, 2000, 2003, 2007 та 2010 роках. У ці ж роки спостерігалася мінімальні значення врожайності та валового збору зернових культур. Більш детальний аналіз залежності між валовим збором зернових та їх рентабельністю наведений у [5]. Мала довжина часових рядів ціни та рентабельності унеможливило їх гармонічний аналіз. Однак навіть візуальний аналіз (рис.1) виявляє чітку короткострокову циклічність ціни зерна та рентабельності зерновиробництва з періодом циклу 3-4 роки.

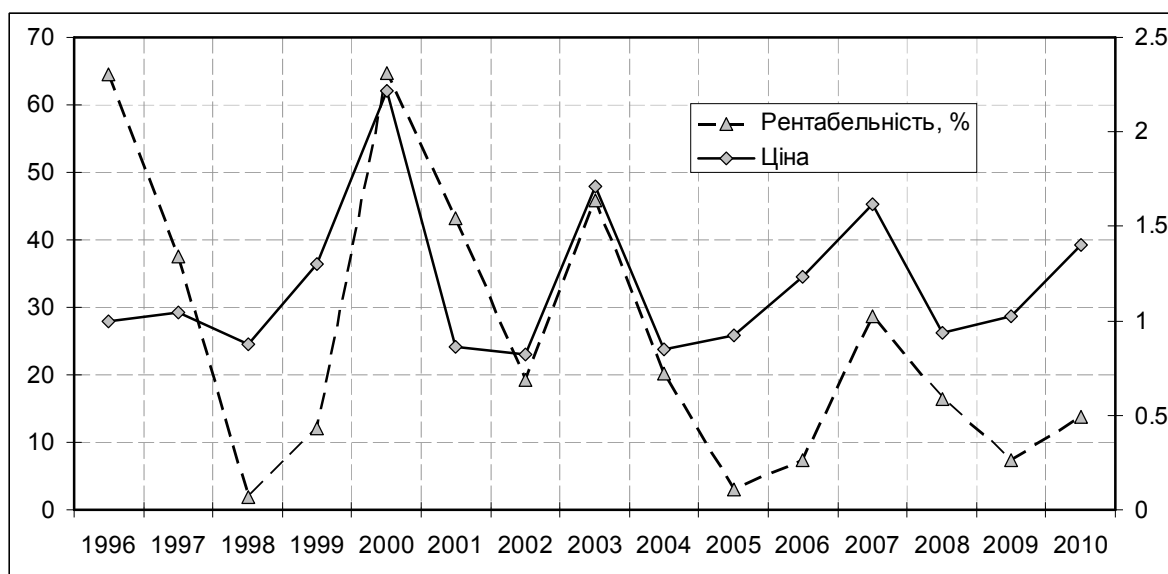


Рис.1. Динаміка ланцюгового індекса ціни зерна та рентабельності зерновиробництва в Україні

Лінійно-гармонічна модель динаміки врожайності зернових. Моделі, які адекватно описують процеси, існуючі в системі зерновиробництва, та перевірені на практиці методи прогнозування врожайності і рентабельності є ефективним інструментарієм прийняття рішень, спрямованих на підвищення ефективності виробництва та зменшення рівня ризику. Особливо важливу роль відіграють моделі, які дозволяють здійснювати середньострокове прогнозування динаміки зерновиробництва. Середньострокові прогнози з періодом упередження 1 рік і більше дозволяють заздалегідь приймати виважені рішення, спрямовані на підвищення ефективності зерновиробництва та забезпечення продовольчої безпеки країни. Виявлений нами циклічний характер зерновиробництва слугує підґрунтям для побудови прогнозних моделей.

Основою прогнозної моделі повинна бути детермінована компонента часового ряду врожайності. Тому, передусім, необхідно здійснити фільтрування високочастотних шумів. Найпростішим методом фільтрування шумів є лінійне згладжування ряду з використанням прямокутного вікна заданої ширини W (метод ковзного середнього). Ширина вікна W визначає граничну частоту для шумів, які усуваються. При згладжуванні рядів із циклічною компонентою ширина вікна

повинна бути близькою до половини довжини циклу. Наші дослідження показали, що найкращим варіантом є згладжування рядів врожайності зернових при ширині вікна 9 років (половина середнього циклу врожайності).

Недоліком методу ковзного середнього є те, що згладжений ряд має меншу довжину, ніж початковий. Це суттєво для рядів малої довжини. Щоб уникнути цього небажаного ефекту, нами розроблена вдосконалена методика, за якої початкові і кінцеві елементи ряду згладжуються на коротшому відрізку, ніж елементи середини ряду. При ширині вікна $W = 9$ потрібно використовувати такий алгоритм згладжування

Таблиця 1

Гармонічний аналіз рядів урожайності озимої пшениці

№	Область	C_0	C_1	Період циклу (рік)			Амплітуда (ц/га)		
				T_1	T_2	T_3	A_1	A_2	A_3
1	АР Крим	19.08	0.15	55.7	19.5	3.9	5.50	3.02	2.61
2	Вінницька	20.11	0.30	46.1	19.9	3.9	6.18	3.10	2.85
3	Волинська	16.24	0.28	52.3	22.2	5.4	4.30	2.88	1.85
4	Дніпропетровська	19.38	0.25	44.6	17.1	3.9	3.59	3.07	4.01
5	Донецька	22.08	0.17	40.7	3.4	3.9	4.76	3.15	3.47
6	Житомирська	12.63	0.28	37.0	20.6	3.6	2.17	2.57	1.64
7	Закарпатська	17.10	0.35	61.5	19.1	14.2	5.94	4.53	2.71
8	Запорізька	20.35	0.20	43.6	17.3	4.0	4.66	3.14	3.42
9	Івано-Франківська	14.20	0.29	41.1	22.7	14.8	4.19	2.86	1.65
10	Київська	20.42	0.31	51.3	19.2	3.9	5.10	2.62	2.98
11	Кіровоградська	20.26	0.25	50.9	18.4	3.9	4.20	3.57	4.25
12	Луганська	17.35	0.17	46.8	15.3	3.9	3.76	3.71	3.88
13	Львівська	14.22	0.30	52.6	21.7	5.2	3.85	2.56	1.61
14	Миколаївська	19.89	0.16	44.6	20.5	3.9	3.44	5.08	3.58
15	Одеська	19.77	0.18	81.3	19.2	3.9	6.14	3.02	3.23
16	Полтавська	18.15	0.32	45.0	19.5	4.0	6.31	4.10	3.53
17	Рівненська	16.82	0.28	54.5	20.5	5.3	5.43	2.78	1.42
18	Сумська	17.52	0.25	45.6	21.9	3.9	5.06	2.72	2.60
19	Тернопільська	18.30	0.28	53.0	22.2	5.3	7.60	3.75	2.12
20	Харківська	19.97	0.24	45.4	19.4	3.9	3.26	4.10	3.64
21	Херсонська	21.26	0.14	53.6	19.2	3.9	5.44	3.53	3.79
22	Хмельницька	19.39	0.25	61.4	22.9	5.3	6.02	2.92	2.35
23	Черкаська	23.74	0.31	46.6	18.7	3.9	6.94	3.79	4.00
24	Чернівецька	20.27	0.24	44.3	23.6	16.5	7.49	3.00	2.76
25	Чернігівська	15.17	0.24	41.7	21.8	3.9	4.82	2.93	2.35

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = (2 \cdot x_1 + x_2)/3; \quad y_2 = (x_1 + x_2 + x_3)/3; \quad y_3 = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)/5; \\ y_4 = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7)/7; \\ y_i = (x_{i-4} + x_{i-3} + x_{i-2} + x_{i-1} + x_i + x_{i+1} + x_{i+2} + x_{i+3} + x_{i+4})/9; \quad i = 5, \dots, N-4; \\ y_{N-3} = (x_{N-6} + x_{N-5} + x_{N-4} + x_{N-3} + x_{N-2} + x_{N-1} + x_N)/7; \\ y_{N-2} = (x_{N-4} + x_{N-3} + x_{N-2} + x_{N-1} + x_N)/5; \quad y_{N-1} = (x_{N-2} + x_{N-1} + x_N)/3; \\ y_N = (2 \cdot x_N + x_{N-1})/3. \end{array} \right. \quad (5)$$

Тут x_i – елементи вихідного ряду, y_i – елементи згладженого ряду, N – довжина ряду. Крім того, при згладжуванні останніх членів ряду, які мають особливе значення для майбутнього прогнозу, автором виконано продовження початкового ряду шляхом побудови попереднього прогнозу y_{N+1}^0 за методом ковзного середнього. Уведення попереднього прогнозу у співвідношення (5) дозволяє побудувати завершальну ділянку згладженого ряду відповідно до очікуваної динаміки системи і значно підвищує прогнозні характеристики лінійно-гармонічної моделі.

У результаті реалізації алгоритму (5) відбувається розділення ряду врожайності на згладжену (детерміновану) компоненту $\{y_i\}$, позбавлену короткоперіодичних коливань, і ряд залишків (ряд високочастотних шумів) $z_i = x_i - y_i, i = \overline{1, N}$, який містить короткоперіодичну циклічну складову ряду. При побудові лінійно-гармонічної моделі для областей, для яких важливий 4-річний цикл врожайності, перші дві гармоніки моделі будують на основі згладженого ряду $\{y_i\}$, а третю – на основі ряду залишків $\{z_i\}$. При побудові моделі урожайності для областей, для яких короткий цикл урожайності несуттєвий, усі три гармоніки будуються на основі гармонічного аналізу згладженого ряду $\{y_i\}$.

Верифікація лінійно-гармонічної моделі. Основним критерієм якості прогнозної моделі є її точність. Для оцінювання точності нами використана методика ретроспективної кросс-валідації

прогнозних моделей за критерієм середньої похибки. Кросс-валідація моделей здійснена на проміжку 2000 – 2009 роки шляхом побудови однокрокового прогнозу з горизонтом 1 рік і поступовим переміщенням базової ділянки по часовій осі. У якості додаткового критерію якості моделі нами використаний критерій справджуваності прогнозу приростів, який показує відсоток правильно передбачених знаків приростів врожайності. У результаті комп'ютерних розрахунків отримано середнє значення прогнозної похибки лінійно-гармонічної моделі при однорічному прогнозуванні врожайності зернових і зернобобових культур 15.4%. Усереднення велося по 10 роках ретроспекції та по всіх 25 областях України. Отримана точність є добрим результатом з огляду на те, що коефіцієнт варіації врожайності зернових сягає 27.0%. Справджуваність моделі – 81%, тобто у 81% (202 з 250 випадків) випадків прогноз напрямку зміни урожайності був правильним. Мінливість врожайності озимої пшениці вища від мінливості врожайності зернових у цілому (коефіцієнт варіації 30.1%). Тому відповідні показники якості прогнозування у цьому випадку нижчі. Середнє значення прогнозної похибки лінійно-гармонічної моделі становить 21.5%. Справджуваність моделі дорівнює 80%.

Висновки. Для більшості областей України властива подвійна циклічність зерновиробництва з довжиною циклів 17-23 роки та 4 роки. Короткі цикли найбільш чітко виражені в областях степової зони. Лінійно-гармонічна модель, побудована на основі згладжених рядів, є ефективним інструментом середньострокового прогнозування врожайності зернових культур та їх валового

збору.

Список літератури:

1. Перепелиця В., Савіна Л. Передпрогнозне дослідження часових рядів промислового виробництва в Україні та Запорізькій області. – Економіка України, 2005. - №8. – с. 31–38.
2. Шумпетер Й. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия. – М.: Эксмо, 2007. – 864 с.
3. Грицюк П.М. Аналіз, моделювання та прогнозування динаміки врожайності озимої пшениці в розрізі областей

- України. – Рівне: НУВГП, 2010. – 350с.
4. Грицюк П.М. Динамічні і стохастичні методи моделювання та прогнозування системи зерновиробництва України : автореф. дис. д. екон. наук – Київ, 2011. – 34с.
 5. Грицюк П.М. Просторово-часова залежність рентабельності зерновиробництва від урожайності зернових. - Економіка АПК, 2010. – № 10 – с.21-26.

Аннотация

Петр Грицюк

ЦИКЛЫ ЗЕРНОПРОИЗВОДСТВА: АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Для большинства областей Украины присуща двойная цикличность зернопроизводства с периодами циклов 4 года и 17-23 лет. Короткие циклы более ярко выражены в степных областях. С использованием линейно-гармонической модели произведено среднесрочное прогнозирование урожайности и валового сбора зерновых.

Ключевые слова: зернопроизводство, циклы, линейно-гармоническая модель, среднесрочное прогнозирование.

Summary

Petro Hrytsyuk

CYCLES OF GRAIN PRODUCTION : ANALYSIS AND MODELLING

The double cyclicity of grain production with periods of 4 years and 17-23 years is inherent for most regions of Ukraine. Short cycles are more pronounced in the steppe regions. The medium-term forecasting yields and gross grain harvest were carried out using linear-harmonical model.

Key words: grain production, cycles, linear-harmonical model, medium-term forecasting