

**ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ ДО РІВНЯ ВРОЖАЙНОСТІ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

О.Г. Климко, Н.П. Федченко

Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка

Вступ. Однією із найважливіших галузей народного господарства є сільське господарство. Воно виробляє продукти харчування для населення держави, сировину для галузей промисловості, відіграє важливу роль у зміцненні економіки країни та зростанні життєвого рівня населення. Якщо сільськогосподарське виробництво буде ефективним, воно стане надійною матеріальною основою функціонування всіх сфер і галузей держави.

Врожайність сільськогосподарських культур є комплексним показником, що описує діяльність сільськогосподарських організацій і який заслуговує найбільшої уваги. Для побудови прогнозів, планів та прийняття управлінських рішень він є вихідною інформацією та одночасно є одним з важливих показників сільськогосподарського виробництва. Цей показник дуже складний з точки зору прогнозів, тому, що на формування врожаю впливають не тільки виробничі фактори, але й погодні умови.

Якщо прогноз врожаю буде достовірним, це дозволить вирішувати питання стосовно наявності необхідних потужностей для зберігання отриманого врожаю, формування резервних фондів продовольства, побудови ефективної політики зовнішньої торгівлі.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. На сьогодні особливо гостро постає питання ефективного й раціонального використання ресурсів сільськогосподарських підприємств. Аграрний сектор розглядається вченими-економістами з позиції ефективності.

Механізми підвищення ефективності агропромислового комплексу розглянуті в працях В.Г. Андрійчука, О.А. Бугуцького, М.І. Кісіля, П.Т. Саблука та інших вчених. Проблема ефективності завжди була, є і залишатиметься актуальною.

Ефективність виробництва – це якісна характеристика, яка відображає результативність використання живої праці в засобах виробництва та є узагальнюючою економічною категорією. Визначається відношенням одержаних результатів до витрат засобів виробництва та живої праці.

В. Г. Андрійчук трактує ефективність, як економічну категорію, що відображає співвідношення між одержаними результатами і витраченими на їх досягнення ресурсами [1].

О.А. Бугуцький визначає ефективність, як відношення одержаних результатів до витрат праці та засобів виробництва у матеріальному виробництві [3].

М.І. Кісіль стверджує, що ефективність визначається зіставленням економічного результату (вигід від бізнесу) з витратами на досягнення цього результату [4].

Підвищення ефективності виробництва означає, що на кожні ресурси та одиниці витрат, які застосовуються отримують більше продукції і доход, які мають значення для народного господарства, зокрема для кожного сільськогосподарського підприємства.

Рослинництво – це важлива частина агропромислового комплексу, яка є основою сільськогосподарського виробництва. Воно забезпечує населення продуктами харчування, тваринництво – кормами, переробну промисловість – сировиною. Рівень розвитку рослинництва свідчить про раціональне використання землі і продуктивного потенціалу сільськогосподарських рослин.

Важливою особливістю рослинництва є відносна нестабільність показників, переважно через залежність виробництва від природних умов, крім того, рослинництво має комплексоутворюючий характер. Специфічною особливістю рослинництва є також сезонність і нерівномірна тривалість виробничих циклів, що знижує його ефективність у порівнянні з іншими галузями суспільного господарства.

Постановка завдання. За статистичними даними врожайності сільськогосподарських культур 2005-2014 років здійснити оцінку тренду рядів динаміки, побудувати економіко-математичні моделі та виконати прогноз рівня врожайності сільськогосподарських культур на майбутній період на основі адаптивного моделювання.

Основний матеріал та результати. Сільське господарство – один з видів господарської діяльності Полтавського регіону. Його провідними галузями є виробництво зернових культур, цукрового буряка та соняшника.

Сільськогосподарське товариство «Агрофірма Куйбишево» (Оржицький район) – це сучасне багатогалузеве господарство, яке спеціалізується на вирощуванні зернових і зернобобових культур, цукрових буряків, насіння соняшнику та кормовиробництві, у тваринництві – на племінному молочному скотарстві та племінному свинарстві. В землекористуванні агрофірми знаходиться близько 20 000 га землі. Структура земельних угідь включає 89,9% ріллі, та 10,1% – сінокосів та пасовищ. Саме тому прогнозування врожайності сільськогосподарських культур є досить актуальним, оскільки основні прибутки підприємство отримує від вирощування та реалізації саме них.

Прогнозування є науково обґрунтованим передбаченням продуктивності сільськогосподарських культур на рік, ряд років чи перспективу. При цьому в тій або іншій мірі враховується забезпеченість основними засобами виробництва та ресурсами основних факторів росту.

Основою для його складання є багаторічні дані після кореляційного та регресійного аналізу. Стосовно моделювання врожайності можна сказати, що це встановлення кількісного впливу одного або кількох факторів на урожайність культури, який виражається математичною залежністю (моделлю). Наявність моделі може дозволити впливати на процеси формування врожаю [5].

Розвиток апарату адаптивного прогнозування економічних процесів виконувався в основному за двома напрямками. Перший напрям пов'язаний із ускладненням структури адаптивних моделей до рівня, який забезпечує адекватне відображення закономірностей реальних явищ. Другий – із удосконаленням самого адаптивного механізму цих моделей. Із зміною структури моделі відбуваються і зміни її адаптивного механізму. Характерною рисою адаптивних методів прогнозування є їх здатність враховувати еволюцію динамічних характеристик досліджуваних процесів, «налаштовуватися» під цю еволюцію, надаючи більшу вагу й вищу інформаційну цінність тим спостереженням, які знаходяться ближче до поточного моменту прогнозування.

Адаптивні моделі прогнозування – це моделі дисконтування даних, які здатні швидко пристосовувати свою структуру і параметри до зміни умов. Інструментом прогнозу в адаптивних моделях, як і в кривих зростання, є математична модель з єдиним фактором «час».

Загальна схема побудови адаптивної моделі може бути подана таким чином:

1. за декількома першими рівнями ряду оцінюються значення параметрів моделі;

2. за моделлю будується прогноз на один крок уперед, його відхилення від фактичних рівнів ряду розцінюється як помилка прогнозування, котра враховується відповідно до прийнятої схеми коректування моделі;

3. далі за моделлю зі скорегованими параметрами розраховується прогнозна оцінка на наступний момент часу і т.д.

Таким чином, модель постійно «вбирає» нову інформацію і до кінця періоду навчання відображає тенденцію розвитку процесу, що існує у цей момент.

Отже, методи прогнозування називають адаптивними, якщо вони змінюють свої параметри протягом роботи, тобто самовдосконалюються.

Ці моделі представляють процес розвитку як лінійну тенденцію з постійно змінюваними параметрами [6].

Для виконання прогнозування застосовано статистичні дані про врожайність сільськогосподарських культур СТОВ «Агрофірма Куйбишево» за 2005–2014 роки. На їх основі створено ряди динаміки (сукупність спостережень, упорядкованих за певною ознакою).

За допомогою методу Фостера–Стюарта, перевірено гіпотезу про наявність тренду (певної аналітичної функції, що описує фактичну середню для періоду спостереження тенденцію досліджуваного процесу, його зовнішні прояви) за культурами, які найчастіше вирощують на підприємстві. Метод дає достатньо надійні результати та дозволяє визначити тренд у значенні дисперсії рівнів, що має вплив на прогностичний аналіз. Порівняв розрахункове значення t_s , t_d з критичним значення $t_{кр}$. (для заданого рівня значимості $\alpha = 0,05$ та числа ступенів свободи $v=n-1$) отримано: $t_s > t_{кр}$ та $t_d > t_{кр}$.

Це підтверджує, що гіпотеза про відсутність тренду спростовується та ряди можна використовувати для прогнозування врожайності сільськогосподарських культур на майбутні періоди.

На основі адаптивних моделей прогнозування, а саме моделі Брауна та методу динамічної регресії, виконано прогноз на майбутні періоди.

У адаптивній моделі Брауна застосовуються два параметри A та B . Для використання цієї моделі визначено параметр $\beta \in [0,1; 0,3]$, який характеризує знецінення даних за одиницю часу і відображає ступінь довіри більш пізнім спостереженням. Прогнозування виконується методом аналітичного вирівнювання ряду за лінійною функцією $Y=At+B$.

Значення A та B є параметрами моделі Брауна. За допомогою функції ЛИНЕЙН (табличного процесору MS Excel) обчислено їх початкові значення. Наступні значення змінюються динамічно за формулами:

$$B_t = A_{t-1} + B_{t-1} + \beta^2 \cdot (y_{t-1} - \overline{y_{t-1}});$$

$$A_t = A_{t-1} + \beta^2 \cdot (y_{t-1} - \overline{y_{t-1}});$$

Метод динамічної регресії включає один параметр α (параметр згладжування, який змінюється динамічно) і пропонується саме для оновлення значень α . Від нього залежить вага попередніх рівнів ряду динаміки, ступень їх впливу на рівень згладжування, а отже значення прогнозних оцінок. Початкове значення α отримано за формулою:

$$\alpha = \frac{2}{n+1},$$

де n – число рівнів часового ряду, що належать інтервалу згладжування.

Для зміни параметру α потрібно визначити помилки прогнозу на один та два періоди. Шукана оцінка для параметра в момент часу t отримується при мінімізації суми квадратів похибок за попередні періоди:

$$\alpha_t = \frac{\sum_{i=1}^T (y_{t+2} - \bar{y})(y_{t+1} - \bar{y})}{\sum_{i=1}^T (y_{t+1} - \bar{y}_i)^2}$$

Для кожного наступного етапу прогнозне значення встановлюється на основі попереднього значення

$$\bar{y}_t = \alpha y_t + (1 - \alpha) \bar{y}_{t-1},$$

де y_t – фактичне значення в період t ;

\bar{y}_{t-1} – прогнозне значення за попередній період [7].

Показники перевірки адекватності моделі динамічної регресії фактичним даним стосовно врожайності сільськогосподарських культур представлено на рисунку 1, а моделі Брауна – на рисунку 2.

Показники	Умова	кукурудза	пшениця озима	соняшник	ячмінь	цукровий буряк
Критерій серій (випадковість)	$K_{\max} < [3.3(\lg n + 1)]$ $v > \left[\frac{1}{2}(n + 1 - 1.96\sqrt{n-1}) \right]$	$K_{\max} = 2; v = 6$	$K_{\max} = 3; v = 4$	$K_{\max} = 2; v = 7$	$K_{\max} = 2; v = 9$	$K_{\max} = 2; v = 9$
	$[3.3(\lg n + 1)] = 6$ $\left[\frac{1}{2}(n + 1 - 1.96\sqrt{n-1}) \right] = 2$	адекватна	адекватна	адекватна	адекватна	адекватна
Критерій піків (випадковість)	$p > \left[\bar{p} - 1.96\sqrt{\sigma_p^2} \right]$	$p = 5$	$p = 4$	$p = 5$	$p = 7$	$p = 7$
	$\left[\bar{p} - 1.96\sqrt{\sigma_p^2} \right] = 2$	адекватна	адекватна	адекватна	адекватна	адекватна
Критерій Дарбіна – Уотсона	$d > d_2 \quad d > d_1$	$d = 1,86$	$d = 1,61$	$d = 1,76$	$d = 1,70$	$d = 1,92$
	$d_1 = 0,879; d_2 = 1,32.$	адекватна	адекватна	адекватна	адекватна	адекватна
Висновок про адекватність моделі		модель адекватна	модель адекватна	модель адекватна	модель адекватна	модель адекватна

Рис.1. Показники перевірки адекватності моделі фактичним даним сільськогосподарських культур (метод динамічної регресії)

Показники	Умова	кукурудза	пшениця озима	соняшник	ячмінь	цукровий буряк
Критерій серій (випадковість)	$K_{\max} < [3.3(\lg n + 1)]$ $v > \left[\frac{1}{2}(n + 1 - 1.96\sqrt{n-1}) \right]$	$K_{\max} = 2; v = 7$	$K_{\max} = 3; v = 5$	$K_{\max} = 2; v = 7$	$K_{\max} = 2; v = 9$	$K_{\max} = 3; v = 7$
	$[3.3(\lg n + 1)] = 6$ $\left[\frac{1}{2}(n + 1 - 1.96\sqrt{n-1}) \right] = 2$	адекватна	адекватна	адекватна	адекватна	адекватна
Критерій піків (випадковість)	$p > \left[\bar{p} - 1.96\sqrt{\sigma_p^2} \right]$	$p = 5$	$p = 4$	$p = 5$	$p = 7$	$p = 8$
	$\left[\bar{p} - 1.96\sqrt{\sigma_p^2} \right] = 2$	адекватна	адекватна	адекватна	адекватна	адекватна
Критерій Дарбіна – Уотсона	$d > d_2 \quad d > d_1$	$d = 1,22$	$d = 1,87$	$d = 1,56$	$d = 1,31$	$d = 0,99$
	$d_1 = 0,879; d_2 = 1,32.$	не адекватна	адекватна	адекватна	не адекватна	не адекватна
Висновок про адекватність моделі		модель не адекватна	модель адекватна	модель адекватна	модель не адекватна	модель не адекватна

Рис.2. Показники перевірки адекватності моделі фактичним даним сільськогосподарських культур (модель Брауна)

Як видно з розрахунків, адекватною моделлю для прогнозування рівнів врожайності кукурудзи, ячменю та цукрового буряка на наступні періоди є лише модель динамічної регресії. Для прогнозування рівня врожайності пшениці озимої та соняшника на наступні періоди є адекватними, як модель Брауна так і модель динамічної регресії.

Згідно з експериментальними даними, які наведено у таблиці 1 можна обрати модель Брауна для прогнозування врожайності соняшника, а для врожайності озимої пшениці – модель динамічної регресії.

Таблиця 1 – Визначення кращої моделі

Коефіцієнти	Метод динамічної регресії		Модель Брауна	
	пшениця озима	соняшник	пшениця озима	соняшник
<i>коефіцієнт детермінації R^2</i>	0,5032	0,0428	0,2120	0,5769
<i>коефіцієнт кореляції R</i>	0,7094	0,2068	0,4605	0,7596
<i>критерій Фішера $F_{роз}$</i>	4,5589	0,2011	1,2110	6,1367
<i>критерій Фішера критичне значення $F_{кр}$</i>	4,2565	4,2565	4,2565	4,2565
<i>критерій Стьюдента $t_{розр}$</i>	3,0196	0,6342	1,5563	3,5033
<i>критичне значення критерію Стьюдента $t_{кр}$</i>	2,2622	2,2622	2,2622	2,2622
<i>залишкова дисперсія S</i>	6,1098	3,7885	9,5437	4,6588
<i>точність</i>	99,56%	88,14%	91,80%	97,67%

На основі методу динамічної регресії та моделі Брауна визначено прогнозні значення рівня врожайності сільськогосподарських культур на майбутній період. Результати наведено у таблиці 2.

За результатами прогнозування на 2015 та 2016 роки врожайність кукурудзи складає 42,85 та 42,13 ц/га відповідно. Врожайність ячменю – 24,8 та 26,45 ц/га. Врожайність цукрового буряка – 277,12 та 278,01 ц/га. Пшениця озима має прогноз врожайності 40,74 та 41,71 ц/га. Соняшник – з прогнозом 18,75 та 18,32 ц/га на 2015 та 2016 роки відповідно.

Таблиця 2 – Прогнозні значення адекватних моделей

Назва моделі	Культура	2015	2016	Точність прогнозу
Метод динамічної регресії	кукурудза	42,85	42,13	79,35%
	ячмінь	24,8	26,45	79,66%
	цукровий буряк	277,12	278,01	87,52%
	пшениця озима	40,74	41,71	99,56%
Модель Брауна	соняшник	18,75	18,32	97,67%

Для більш наочного представлення реальних та отриманих розрахункових даних врожайності сільськогосподарських культур надано діаграми на рисунку 3.

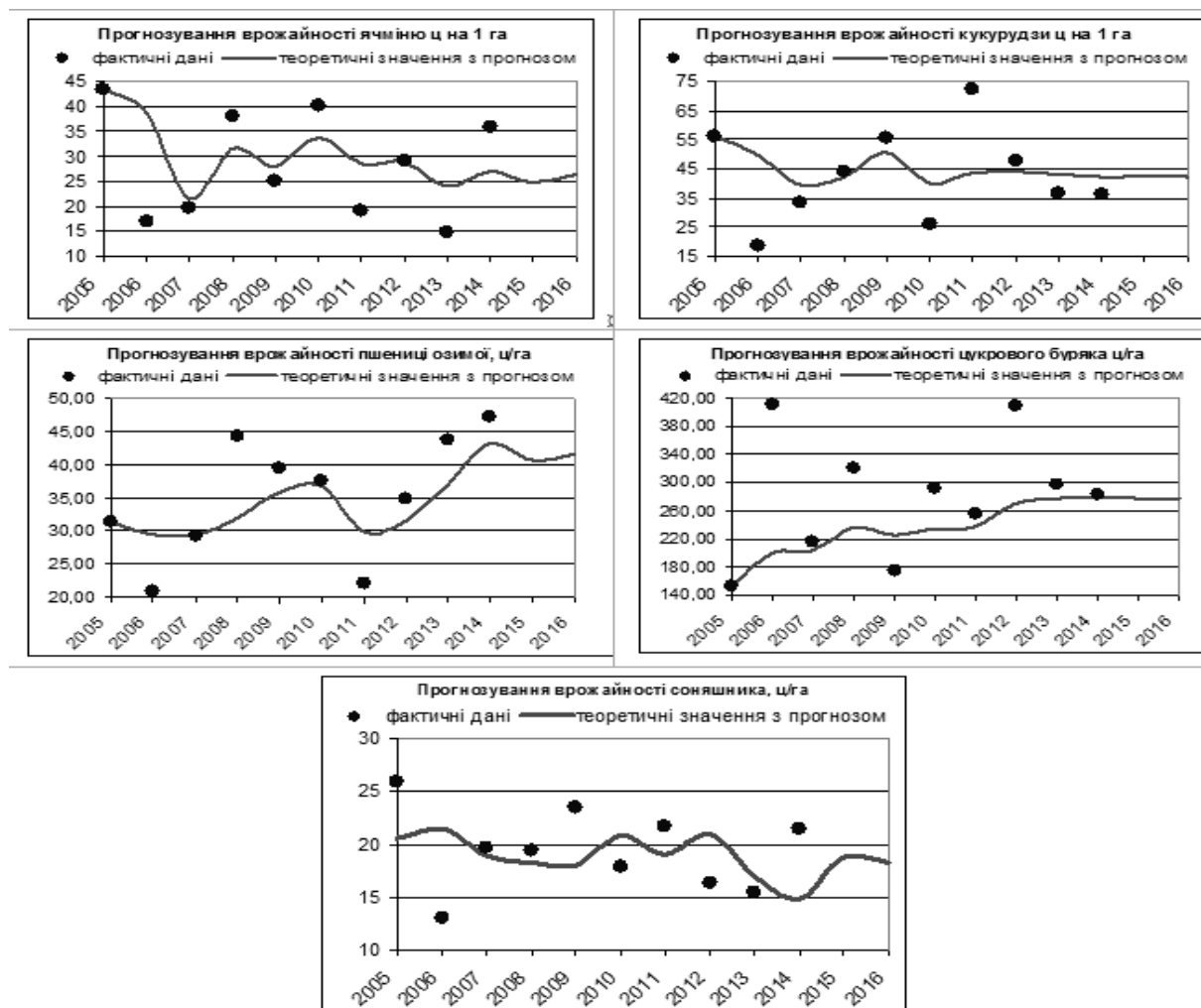


Рис.3. Динаміка врожайності зернових культур, ц на 1 га

Висновки

За допомогою адаптивних моделей Брауна та динамічної регресії було побудовано економіко-математичні моделі рівня врожайності сільськогосподарських культур, які є оптимальними для даного класу в розумінні якості і точності.

Отримані моделі можуть бути використані для аналізу та прогнозування врожайності озимої пшениці, цукрового буряка, ячменю, соняшника та кукурудзи.

У подальших дослідженнях можна розглянути фактори, які впливають на рівень врожайності сільськогосподарських культур, обрати найбільш впливові з них, перевірити їх на мультиколеніарність та застосувати багатofакторні моделі прогнозування.

Список використаної літератури:

1. Андрійчук В. Г. Економіка аграрних підприємств: Підручник. – 2-ге вид., доп. і перероблене. / В. Г. Андрійчук. – К.: КНЕУ, 2002. – 624 с.
2. Андрійчук В.Г. Ефективність діяльності аграрних підприємств: теорія, методика, аналіз: моногр. / В.Г. Андрійчук. – К.: КНЕУ, 2005. – 292 с.
3. Бугуцький О.А. Аналіз економічної ефективності сільськогосподарського виробництва / О.А.Бугуцький. – К.: Урожай, 1976. – 264 с.
4. Кісіль М.І. Критерій і показники економічної ефективності малого і середнього бізнесу на селі / М.І.Кісіль // Економіка АПК. – 2001. – №8. С.59-64.
5. Харченко О.В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур: навчальний посібник / О.В Харченко; за ред. Академіка УААН В.О Ушкаренка, – 2-ге вид., переробл. і доповн.– Суми: ВТД «Університетська книга», 2003. – 296 с.

6. Давнис В.В. Адаптивные модели: анализ и прогноз в экономических системах / В.В.Давнис, В.И.Тинякова. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2006. – 380 с.

7. Присенко Г. В. Прогнозування соціально-економічних процесів: навчальний посібник / Г.В. Присенко, Є.І. Равікович – К.: КНЕУ, 2005. – 358 с.

8. Скрильник І.І. Навчальний посібник з дисципліни «Прогнозування соціально-економічних процесів» для економічних спеціальностей усіх форм навчання / І.І. Скрильник, О.Г. Климко – Полтава: Видавництво ПолтНТУ, 2012. – 228 с.

УДК 519.86

Климко Олена Генріхівна, старший викладач кафедри економічної кібернетики, **Федченко Наталія Павлівна**, студентка. Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. **Застосування економіко-математичного моделювання до рівня врожайності сільськогосподарських культур.** Проведено аналіз діяльності сільськогосподарського підприємства. Досліджено можливість застосування адаптивних моделей для прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. Зроблено порівняльний аналіз використання методу динамічної регресії та моделі Брауна для аналізу господарської діяльності підприємства.

Ключові слова. Адаптивне моделювання, прогнозування, модель динамічної регресії, модель Брауна, критерій Фішера, критерій Стюдента, адекватність моделі.

УДК 519.86

Климко Елена Генриховна, старший преподаватель кафедры экономической кибернетики, **Федченко Наталья Павловна**, студентка. Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка. **Применение экономико-математического моделирования к уровню урожайности сельскохозяйственных культур.** Выполнен анализ деятельности сельскохозяйственного предприятия. Исследована возможность применения адаптивных моделей для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. Выполнен сравнительный анализ использования метода динамической регрессии и модели Брауна для анализа хозяйственной деятельности предприятия.

Ключевые слова. Адаптивное моделирование, прогнозирование, модель динамической регрессии, критерий Фишера, критерий Стюдента, адекватность модели.

UDK 519.86

Olena Klymko, a senior lecturer, economical cybernetics department, **Nataliy Fedchenko**, a student, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University. **The use of economic-mathematical modeling to the level of plant crops capacity**. It was carried out the activity analysis of the agricultural enterprise. Was investigated the possibility of using adaptive models for prediction plant crops capacity. Was made a comparative analysis of using the dynamic regression model and Brown's model for analysis economical activity of the enterprise.

Keywords: adaptive models, prediction, dynamic regression model, Brown's model, Fisher's ratio test, Student's t-test, model adequacy.