

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДО РІВНЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

О.Г. Климко, Н.П. Федченко

Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка

© Климко О.Г., 2015
© Федченко Н.П., 2015

Статтю отримано редакцією 03.06.2015 р.

Вступ. Однією з 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.

Урожайність сільськогосподарських культур є комплексним показником, що описує діяльність сільськогосподарських організацій і який заслуговує на найбільшу увагу. Для побудови прогнозів, планів та прийняття управлінських рішень він є вихідною інформацією й 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 розглянуто в працях В.Г. Андрійчука, О.А. Бугуцького, М.І. Кісіля, П.Т. Саблука та інших учених. 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 й одиниці витрат, які застосовуються, отримують більше продукції та дохід, 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 та продуктивного потенціалу сільськогосподарських рослин.

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

Постановка завдання. Завдання полягає в тому, щоб за статистичними даними

врожайності сільськогосподарських культур 2005 – 2014 років оцінити тренд рядів динаміки, побудувати економіко-математичні моделі та виконати прогноз рівня врожайності сільськогосподарських культур на майбутній період на основі адаптивного моделювання.

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

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

Прогнозування є науково обґрунтованим передбаченням продуктивності сільськогосподарських культур на рік, ряд років чи перспективу. При цьому тією або іншою мірою враховується забезпеченість основними засобами виробництва та ресурсами основних факторів зростання. 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 врожайність 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 пов'язаний з ускладненням структури адаптивних моделей до рівня, який забезпечує адекватне відображення закономірностей реальних явищ. Другий – з удосконаленням самого адаптивного механізму цих моделей. Зі зміною структури моделі відбуваються і зміни її адаптивного механізму. Характерною рисою адаптивних методів прогнозування є їх здатність урахувати еволюцію динамічних характеристик досліджуваних процесів, «налаштовуватися» під цю еволюцію, надаючи більшу вагу й вищу інформаційну цінність спостереженням, наблизені у часі до поточного моменту прогнозування.

Адаптивні моделі прогнозування – це моделі дисконтування даних, 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 тренда (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. Після порівняння розрахункового значення t_s , t_d з критичним значенням $t_{кр}$. (для заданого рівня значимості $\alpha = 0,05$ та числа ступенів свободи $\nu = n - 1$) отримано: $t_s > t_{кр}$ та $t_d > t_{кр}$.

Це підтверджує, що гіпотеза про відсутність тренда 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.

В 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 процесора 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, ступінь 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 параметра 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

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

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 наведено на рисунку 1, а моделі Брауна – на рисунку 2.

Показники	Умова	кукурудза	пшениця озима	сояшпик	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	сояшник	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	$d > d_2$ $d > d_1$	$d = 1,22$	$d = 1,87$	$d = 1,56$	$d = 1,31$	$d = 0,99$
	$d_1 = 0,879; d_2 = 1,32.$	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 урожайності кукурудзи, ячменю та цукрового буряку на наступні періоди є лише модель динамічної регресії. Для прогнозування рівня врожайності пшениці озимої та сояшнику 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 сояшнику, а для врожайності озимої пшениці – модель динамічної регресії.

Таблиця 1

Визначення кращої моделі

Коефіцієнти	Метод динамічної регресії		Модель Брауна	
	пшениця озима	сояшник	пшениця озима	сояшник
коефіцієнт детермінації R^2	0,5032	0,0428	0,2120	0,5769
коефіцієнт кореляції R	0,7094	0,2068	0,4605	0,7596
критерій Фішера $F_{роз}$	4,5589	0,2011	1,2110	6,1367
критерій Фішера, критичне значення $F_{кр}$	4,2565	4,2565	4,2565	4,2565
критерій Стюдента $t_{розр}$	3,0196	0,6342	1,5563	3,5033
критичне значення критерію Стюдента $t_{кр}$	2,2622	2,2622	2,2622	2,2622
залишкова дисперсія S	6,1098	3,7885	9,5437	4,6588
точність	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 і 42,13 ц/га відповідно. Урожайність ячменю – 24,8 та 26,45 ц/га. Урожайність цукрового буряку – 277,12 і 278,01 ц/га. Пшениця озима має прогноз урожайності 40,74 та 41,71 ц/га. Сояшник – з прогнозом 18,75 і 18,32 ц/га на 2015 та 2016 роки відповідно.

Таблиця 2

Прогнозні значення адекватних моделей

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

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

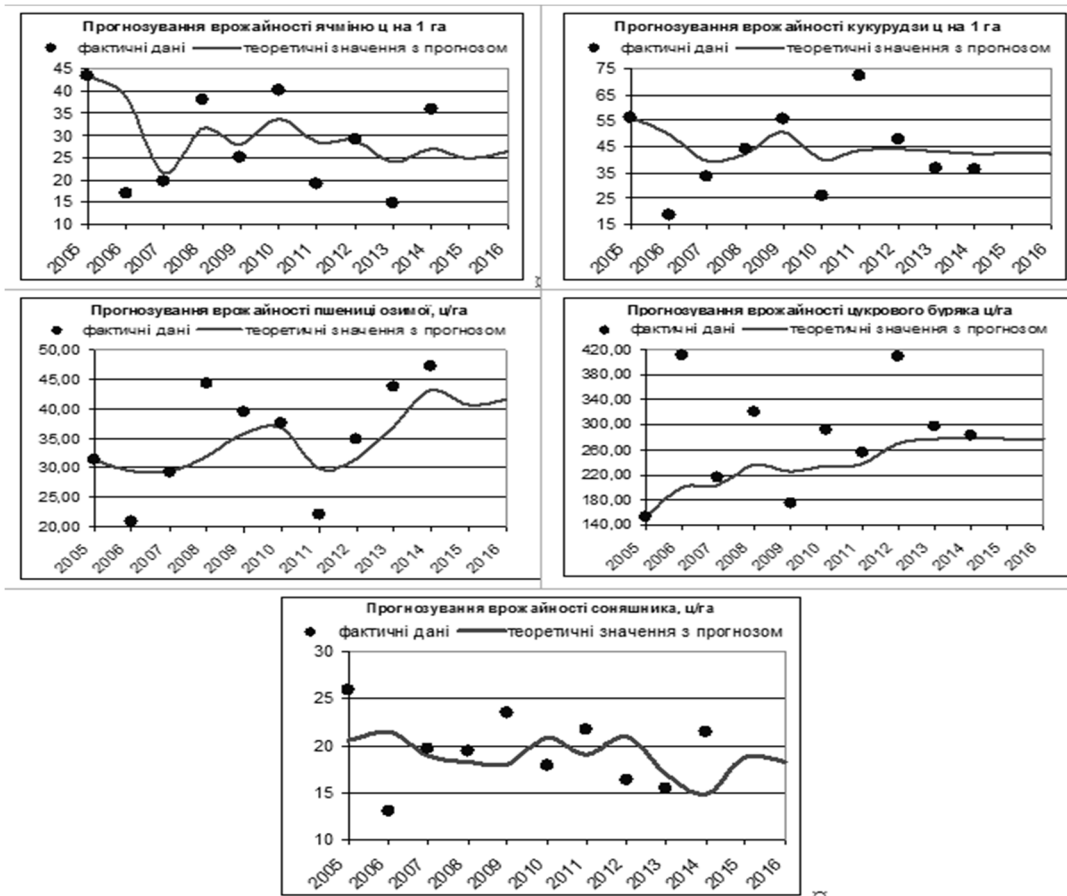


Рис. 3. Динаміка врожайності зернових культур, ц на 1 га

Висновки. За допомогою адаптивних моделей Брауна та динамічної регресії було побудовано економіко-математичні моделі рівня врожайності сільськогосподарських культур, які є оптимальними для цього класу щодо якості й точності.

Отримані моделі можуть бути використані для аналізу й прогнозування врожайності озимої пшениці, цукрового буряку, ячменю, соняшнику та кукурудзи.

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

ЛІТЕРАТУРА:

1. Андрійчук В. Г. Економіка аграрних підприємств: підручник / В.Г. Андрійчук. – 2-ге вид., доповн. і переробл. – 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. Прогнозування соціально-економічних процесів: навчальний посібник для економічних спеціальностей усіх форм навчання / І.І. Скрильник, О.Г. Климко. – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – 228 с.

УДК 519.86

Климко Олена Генріхівна, старший викладач кафедри економічної кібернетики. **Федченко Наталія Павлівна**, студентка. Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка. **Застосування економіко-математичного моделювання до рівня врожайності сільськогосподарських культур.** Виконано 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 Стьюдента, адекватність моделі.

УДК 519.86

Климко Елена Генриховна, старший преподаватель кафедры экономической кибернетики. **Федченко Наталья Павловна**, студентка. Полтавский национальный технический университет им. Ю. 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 Стьюдента, адекватность модели.

UDK 519.86

Klymko O.H., senior lecturer, Economical Cybernetics Department. **Fedchenko N.P.**, student. Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University. **Applying the economic mathematical modelling to the level of crops yield.** The agricultural enterprise activity has been analyzed. The possibility of using adaptive models for predicting crops capacity has been studied. Comparative analysis of using the dynamic regression model and Brown's model for analyzing the enterprise's economic activity has been performed.

Keywords: adaptive models, prediction, dynamic regression model, Brown's model, Fisher's ratio test, student's test, model adequacy.