

НЕЧІТКЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕРВАЛІВ ВАРІЮВАННЯ ТЕМПІВ ПРИРОСТУ ЯК НОСІЇВ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

Розглянуто проблему прогнозування часових рядів економічних показників з використанням нечітко заданих величин на числових множинах варіювання темпів приросту. Досліджено методику застосування нечітких множин для моделювання рівнів динамічного ряду із застосуванням процедур фазифікації та дефазифікації вихідних даних, формування логічних відношень між нечіткими множинами та обчислення прогнозних значень досліджуваних показників. Перевірено запропоновану методику для моделювання часового ряду умовного економічного показника. Означені напрямки подальших досліджень щодо нечіткого моделювання часових рядів.

Ключові слова: нечіткі множини, прогнозування часових рядів, нечітке моделювання динамічного ряду.

K. V. GORBATYUK

Khmelnytsky National University

FUZZY MODELING OF ECONOMIC INDICATORS TIME SERIES WITH THE USE OF GROWTH RATES VARYING INTERVALS AS THE FUZZY SETS CARRIER

Abstract - The aim of the research - to explore the possibility of using in the forecasting time series of economic indicators the fuzzy sets built on the numerical sets of growth rates varying.

The problem of forecasting time series of economic indicators, using clearly defined sets of numerical values for the variation of growth rate is considered. Studied the technique of fuzzy sets for modelling time series of levels using procedures phasification and dephasification output data, the formation of logical relations between fuzzy sets and calculating predictive values of the studied parameters. Verified proposed methodology for modelling time series of standard economic indicators. The directions for further research on fuzzy modelling of time series is mentioned.

Keywords: fuzzy sets, time series forecasting, fuzzy modelling of time series.

В сучасних умовах облік факторів невизначеності та неповноти інформації є невід'ємною частиною моделювання складних соціально-економічних систем, в яких значною мірою якість функціонування більшості процесів залежить від людини. Причому традиційний шлях урахування факторів невизначеності на основі імовірнісного та статистичного моделювання часто виявляється неадекватним завданням і може призвести до невірних результатів, так як функціонування складних соціально-економічних систем на практиці характеризується невизначеністю «нестохастичного» типу. Під час аналізу розвитку складних соціально-економічних систем у часі необхідно використовувати всю повноту знань про досліджувані процеси і прикладну область дослідження. Такі знання містять не тільки безпосередньо часові ряди параметрів системи, отримані на основі вимірювань або спостережень, але і вербальні описи типових значень рядів, особливих станів, отриманих на основі досвіду експертів.

Після видання основоположної статті Заде, що стосувалась основ теорії нечітких множин, теорія нечіткості набула широкого розповсюдження у багатьох сферах досліджень, зокрема економічних. Останні роки було розроблено та впроваджено численну кількість методів, що використовують нечіткі множини для опису невизначеності, наявної у значеннях динамічних рядів [1].

Нечіткі підходи є альтернативою загальноприйнятим кількісним методам аналізу систем та мають такі основні відмінні риси [2]: по-перше, замість або у доповнення до числових змінних використовують нечіткі величини та так звані «лінгвістичні» змінні; по-друге, прості відношення між змінними описують за допомогою нечітких висловлювань; по-третє, складні відношення описують нечіткими алгоритмами. Такі підходи дають наближені, але у той же час, ефективні засоби опису поведінки систем, настільки складних та погано визначених, які не піддаються точному математичному аналізу.

В роботах [3–5] запропоновано один із нових підходів до моделювання часових рядів за допомогою нечітких множин. А саме, запропоновано використовувати в якості носіїв нечітких множин інтервали варіювання значень ланцюгових темпів приросту, визначених по всьому часовому ряду.

Прогнозування відіграє важливу роль у повсякденній людській діяльності та в прийнятті рішень відносно майбутнього. З точки зору підходів до прогнозування, економічна наука виділяє дві основні сукупності методів, що отримали назву фундаментального та технічного аналізу. Фундаментальний аналіз передбачає вивчення тенденцій формування цін, виходячи з базових факторів економіки, до числа яких відносять, зокрема, процентні ставки, податки, рівень безробіття, стан бюджету, інфляційні процеси, стабільність політичної системи та економічну політику. Існуючі кількісні та якісні підходи до прогнозування ставлять за мету збільшення точності передбачення у максимальному степені, однак, традиційні методи не можуть застосовуватись до задач, в яких історичні дані надаються не в звичайному вигляді, а у вербальній формі. Нечіткі часові ряди дозволяють вирішити цю проблему, відкриваючи реальну перспективу можливості обробки як лінгвістичних, так і числових даних.

Останні роки все більше вітчизняних підприємств у цілях підвищення ефективності управління

економічними процесами намагаються організувати свою діяльність на основі сучасних наукових досліджень. Нечітко-множинне моделювання в аналізі та прогнозуванні економічних явищ та процесів є одним з найбільш перспективних напрямків наукових досліджень.

Не зважаючи на те, що перше згадування про новий метод математичного моделювання з'явилося близько півстоліття тому, ця галузь наукових досліджень досі є маловивченою у нашій країні. Нечітко-множинні моделі дуже прості у використанні та дають достовірні результати навіть в умовах високої невизначеності. Досить швидко економічні застосування теорії нечітких множин утворили самостійний науковий напрям.

Прогнозування, засноване на нечітких часових рядах (НЧР), цікавить дослідників протягом останніх 15 років [3–5]. Більшість опублікованих на теперішній час робіт використовували в якості тестової послідовності дані реєстрації студентів в Університеті штату Алабама за майже 20-річний період часу. Слід зазначити, що перша робота у вказаному напрямку належала Сонгу та Чиссому (Song – Chissom) [5]. В ній були розглянуті стаціонарні та змінні у часі прогнози моделі НЧР, які забезпечили середні помилки на рівні 3,18% та 4,37% (при вікні прогнозування рівному 4), відповідно.

Стаціонарна модель НЧР, запропонована Ченом (Chen) [4] та протестована на тих самих даних реєстрації студентів, практично не змінила досягнуту Сонгом та Чиссомом похибку прогнозування (3,22%), а модифікований підхід Шаха та Дегтярьова (Sah-Degtiarev) дозволив дещо покращити результати прогнозування, знизивши середню похибку до 2,4%. Разом з тим, змінна у часі модель НЧР Хванга, Чена та Ли (Hwang-Chen-Lee), залишаючись простою з точки зору матричних обчислень, що виконувались, склала достойну конкуренцію та забезпечила відносну похибку прогнозних значень біля 3,12%. Крім перелічених вище моделей, звертає на себе увагу дослідження Хуарнга (Huang), в якій автор удосконалив модель Чена, використавши евристичні, тобто «неформальні, інтуїтивні стратегії», які виражають очікування експертів-аналітиків відносно тренда реєстрації студентів у наступному році. В результаті, ця методика забезпечила середню процентну похибку прогнозування навколо 2,38%. Прагнення до досягнення більш високої точності прогнозування знайшло також своє відображення в одній з недавніх робіт Чена і Хшу (Chen-Hsu), що представили опис нового змінного в часі НЧР метода застосованого до даних про студентів Алабами. Авторам вдалося знизити середню відносну похибку до рівня 0,36%.

В основі початкової моделі та її модифікацій лежить наступна методика прогнозування [4]:

1. Визначення універсальної множини U , яка являє собою інтервал між найменшою та найбільшою варіаціями досліджуваного показника.
2. Розбиття універсальної множини U на декілька інтервалів рівної довжини u_i .
3. Визначення сукупності нечітких множин A_i , заданих на отриманих інтервалах.
4. Фазифікація вихідних даних, що включає перетворення чітких фактичних значень варіацій показника у нечіткі.
5. Формування логічних відношень між нечіткими множинами $A_i \rightarrow A_j$ на основі аналізу переходів між нечіткими значеннями у сусідні періоди часу.
6. Об'єднання логічних відношень, що мають однакові ліві частини та обчислення відношень R_i для кожної сформованої групи.
7. Прогнозування та дефазифікація отриманих результатів.
8. Обчислення прогнозних значень досліджуваного показника.

У методиці Стівенсон і Поттера запропоновано використовувати у якості універсальної множини, на якій задаються нечіткі множини, інтервали варіації таких показників, як темпи приросту [3].

Розглянемо часовий ряд певного економічного показника, рівні якого позначимо $y_t, t = \overline{1, n}$. Для моделювання часових рядів запропонованим методом використовується такий показник динаміки як ланцюговий темп приросту:

$$T_t^{np} = \left(\frac{y_t}{y_{t-1}} - 1 \right) \times 100\%, t = \overline{2, n}.$$

Алгоритм запропонованого методу полягає в наступному:

Крок 1. Визначити універсальну множину $U = \left[\min_{t=2, n} T_t^{np}; \max_{t=2, n} T_t^{np} \right]$ та її розбиття на n рівних інтервалів u_1, u_2, \dots, u_n . Границі універсальної множини бажано округлити до найближчих цілих значень.

Крок 2. Знайти розподіл частот значень темпів приросту, що потрапляють до кожного інтервалу розбиття. У випадку наявності великих значень частот, що потрапляють у певні інтервали, зробити додаткове розбиття таких інтервалів на менші рівні підінтервали.

Крок 3. Задати на кожному інтервалі розбиття нечітку множину X_i . Для фактичних даних динамічного ряду визначити яка саме нечітка множина описуватиме кожне значення, тим самим зробити фазифікацію даних початкового ряду.

Крок 4. Дефазифікувати нечіткі дані, використовуючи формулу:

$$t_j = \begin{cases} \frac{1.5}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2}}, j=1 \\ \frac{2}{\frac{0.5}{a_{j-1}} + \frac{1}{a_j} + \frac{1}{a_{j+1}}}, 2 \leq j \leq n-1, \\ \frac{1.5}{\frac{0.5}{a_{n-1}} + \frac{1}{a_n}}, j=n \end{cases}$$

де a_{j-1}, a_j, a_{j+1} – середини інтервалів носіїв нечітких множин X_{j-1}, X_j, X_{j+1} відповідно.

Крок 5. Використати отримані показники t_j для визначення прогнозних значень кожного рівня ряду, послідовно застосовуючи їх до попередніх рівнів.

Приклад застосування описаної методики можна знайти у багатьох роботах, в яких обробки обрано ряд значень кількості абітурієнтів Університету штату Алабама. Також розглянемо ці дані як умовний економічний показник та застосуємо описану вище методику до нього (табл. 1).

Таблиця 1

Ряд фактичних значень та ланцюгових темпів приросту					
Роки	y_t	T_t^{np}	Роки	y_t	T_t^{np}
1971	13055	-	1982	15433	-5,83
1972	13563	3,89	1983	15497	0,41
1973	13867	2,24	1984	15145	-2,27
1974	14696	5,98	1985	15163	0,12
1975	15460	5,20	1986	15984	5,41
1976	15311	-0,96	1987	16859	5,47
1977	15603	1,91	1988	18150	7,66
1978	15861	1,65	1989	18970	4,52
1979	16807	5,96	1990	19328	1,89
1980	16919	0,67	1991	19337	0,05
1981	16388	-3,14	1992	18876	-2,38

Враховуючи фактичний інтервал варіювання темпів приросту від -5.83% до 7.66%, запропоновано визначити універсальну множину $U = [-6; 8]$ та розбити її на сім інтервалів (табл. 2).

Таблиця 2

Частотний розподіл значень темпів приросту			
Номер інтервалу	Ліва границя	Права границя	Частота
1	-6,00	-4,00	1
2	-4,00	-2,00	3
3	-2,00	0,00	1
4	0,00	2,00	7
5	2,00	4,00	2
6	4,00	6,00	6
7	6,00	8,00	1

Найбільша кількість значень ланцюгових темпів приросту попадає в четвертий, шостий та другий інтервали, які ми відповідно розділимо на 4, 3 та 2 однакових підінтервали. Остаточне розбиття, завдання нечітких множин та визначення відповідних центральних значень їх носіїв наведено у табл. 3.

Використовуючи отримані показники t_j визначимо прогнозні значення кожного рівня ряду, послідовно застосовуючи їх до попередніх рівнів. Результати обчислень прогнозованих рівнів досліджуваного ряду зведемо у табл. 4 та визначимо середню похибку прогнозування за запропонованим методом, отриману для ряду умовного економічного показника. Значення вихідного ряду та отриманих прогнозних рівнів можна порівняти зі значеннями простої ковзної середньої (рис. 1).

Нечіткі множини

	a_{j-1}	a_j	a_{j+1}	t_j
X_1	-6,00	-5,00	-4,00	-2,81
X_2	-4,00	-3,00	-2,00	-2,09
X_3	-2,00	-1,00	0,00	0,71
X_4	0,00	0,25	0,50	0,41
X_5	0,50	0,75	1,00	0,48
X_6	1,00	1,25	1,50	0,98
X_7	1,50	1,75	2,00	1,46
X_8	2,00	2,50	3,00	2,06
X_9	3,00	3,50	4,00	2,79
X_{10}	4,00	4,33	4,67	3,49
X_{11}	4,67	5,00	5,33	4,07
X_{12}	5,33	5,67	6,00	4,77
X_{13}	6,00	7,00	8,00	6,49

Таблиця 4

Результати прогнозування

Рік	Значення	Темп приросту	Нечітка множина	Прогнозний темп	Нечіткий прогноз	$(A_i - F_i)^2$	$\frac{ A_i - F_i }{A_i}$
1971	13055	-	-	-	-	-	-
1972	13563	3,89	X_9	3,33	13489,37	5421	0,0054
1973	13867	2,24	X_8	2,41	13890,38	547	0,0017
1974	14696	5,98	X_{12}	5,75	14664,19	1012	0,0022
1975	15460	5,20	X_{11}	4,96	15424,21	1281	0,0023
1976	15311	-0,96	X_4	2,40	15831,04	270442	0,0340
1977	15603	1,91	X_8	1,71	15572,41	936	0,0020
1978	15861	1,65	X_8	1,71	15869,39	70	0,0005
1979	16807	5,96	X_{12}	5,75	16772,82	1169	0,0020
1980	16919	0,67	X_6	0,54	16897,04	482	0,0013
1981	16388	-3,14	X_2	-2,14	16556,45	28375	0,0103
1982	15433	-5,83	X_1	-4,09	15717,58	80987	0,0184
1983	15497	0,41	X_5	0,48	15507,08	102	0,0007
1984	15145	-2,27	X_2	-2,14	15164,92	397	0,0013
1985	15163	0,12	X_4	0,48	15217,70	2992	0,0036
1986	15984	5,41	X_{12}	5,75	16034,69	2569	0,0032
1987	16859	5,47	X_{12}	5,75	16902,89	1926	0,0026
1988	18150	7,66	X_{13}	6,49	17953,30	38690	0,0108
1989	18970	4,52	X_{10}	4,22	18916,43	2870	0,0028
1990	19328	1,89	X_7	1,71	19293,88	1164	0,0018
1991	19337	0,05	X_5	0,48	19420,77	7018	0,0043
1992	18876	-2,38	X_3	-2,14	18922,64	2175	0,0025
Сума		-	-	-	-	450625	0,1137
Показник		-	-	-	-	21458	0,541 %

Отримані результати розрахунків дещо відрізняються від запропонованих у роботах [3–5], що свідчить про необхідність удосконалення цієї методики. Проте, очевидно є достатня простота застосування опрацьованого алгоритму, що робить перспективними подальші пошуки ефективних методів моделювання динамічних рядів із застосуванням нечітких множин. Крім того, можна зробити висновок про доцільність проведення подальших пошуків найбільш точних і зручних процедур нечіткого оцінювання при прогнозуванні за динамічними рядами економічних показників для створення найбільш універсальних та адаптивних алгоритмів нечіткого моделювання з врахуванням невизначеності вихідних даних.

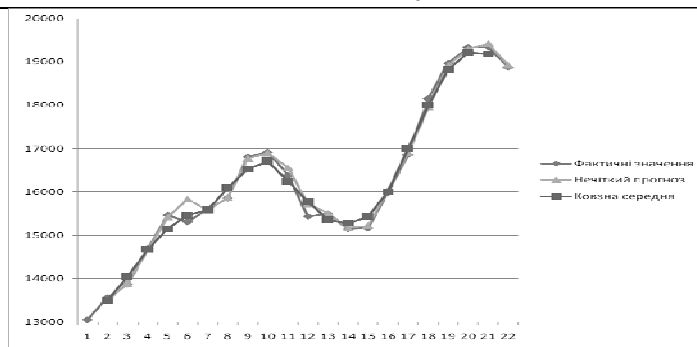


Рис. 1. Порівняння фактичних і прогнозних значень

Висновки

Отже, запропонований вище метод нечіткого моделювання дозволяє отримувати прогнозні оцінки шляхом аналізу темпів приросту фактичних рівнів ряду та нечіткого оцінювання на основі отриманих нечітких множин. Даний підхід дає можливість використовувати наявну інформацію про динаміку економічних показників та отримувати порівняно невисоке значення середньої похибки.

Використання нечітко-множинних підходів відкриває широкі перспективи у дослідженні можливостей спрощення аналізу та моделювання динамічних рядів економічних характеристик. Удосконалення таких методик надасть можливість впровадити більш якісні процедури прогнозування в інформаційні системи в економіці.

Література

1. Алтунин А. Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях : монография / А. Е. Алтунин, М. В. Семухин. – Тюмень : Издательство Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с.
2. Максишко Н.К. Аналіз і прогнозування еволюції економічних систем / Н.К. Максишко, В.О. Перепелиця. – Запоріжжя : Поліграф, 2006. – 236 с.
3. Fuzzy Time Series Forecasting Using Percentage Change as the Universe of Discourse. Meredith Stevenson and John E. Porter. World Academy of Science, Engineering and Technology, 31, 2009. URL: <http://www.waset.org/journals/waset/v31/v31-27.pdf>.
4. Chen S.M. Forecasting enrollments based on fuzzy time series. Fuzzy Sets and Systems, Vol. 81, 1996. pp. 311–319.
5. Song Q., Chissom B.S. Fuzzy time series and its models. Fuzzy Sets and Systems, Vol. 54, 1993. pp. 269–277.

References

1. Altunyn A. E. Modely y alghorytmy prynjatyja reshenyj v nechetkykh uslovyjakh : monoghrfya / A. E. Altunyn, M. V. Semukhyn. – Tjumenj : Yzdatel'jstvo Tjumenskogho ghosudarstvennogho unyversyteta, 2000. – 352 s.
2. Maksyshko N.K. Analiz i proghnozuvannja evoljuciji ekonomichnykh system / N.K. Maksyshko, V.O. Perepelycja. – Zaporizhzhja : Polighraf, 2006. – 236 s.
3. Fuzzy Time Series Forecasting Using Percentage Change as the Universe of Discourse / Meredith Stevenson and John E. Porter. – World Academy of Science, Engineering and Technology, 31, 2009. <http://www.waset.org/journals/waset/v31/v31-27.pdf>.
4. Stevenson M. and Porter J.E. Fuzzy time series forecasting using percentage change as the universe of discourse, World Academy of Science, Engineering and Technology, 2009, 55.
5. Chen S.M. 1996. Forecasting enrollments based on fuzzy time series, Fuzzy Sets and Systems, 81: 311-319.
6. Song Q., Chissom B.S. Fuzzy time series and its models, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 54, pp. 269-277, 1993.

Рецензія/Peer review : 8.9.2014 р. Надрукована/Printed : 23.09.2014 р.
Рецензент: д.е.н., доцент Григорук П.М.