

УДК 519:330

## МОДЕЛІ ВІДНОВЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ЩОДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ КРАЇНИ

М. Саварин

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
УКРАЇНА, м. Львів, просп. Свободи, 18,  
E-mail halalaleya@yahoo.com*

*Розглядається проблема доповнення динамічних рядів статистичних даних з оцінками внеску виробництва технологічних укладів у розвиток країни. Обґрунтовано доцільність застосування для відновлення даних методом інтерполяції трьох моделей: за допомогою арифметичної прогресії, на підставі усередненого темпу приросту значення показника, інтерполяція кубічними сплайн-функціями. Наведено специфікації моделей.*

*Ключові слова: технологічний розвиток, технологічне прогнозування, технологічний уклад, інтерполяція, моделі відновлення даних, сплайн-функції.*

Вплив науково-технічного прогресу на економічний розвиток та економічне зростання країн є загально визнаним фактом і, зазвичай, реалізується через науково-технологічні інновації в економіку країни. З технологічної точки зору економіка будь-якої сучасної держави є неоднорідною, у ній виділяють групи галузей, пов'язаних між собою однотипними технологічними ланцюжками, що утворюють відтворювальні цілісності – так звані *технологічні уклади* (ТУ) [1, с. 61]. За теорією технологічних укладів [1, 2] еволюцію економічної системи ототожнюють з послідовною зміною ТУ протягом кондратьєвського циклу [3]. На сьогодні фахівцями виділено сім ТУ [4, с. 66], з яких уклади з третього по шостий наявні у структурах економік різних сучасних країн.

Тенденції розвитку як технологічної структури економіки, так і ТУ зокрема традиційно відстежують за допомогою концепції *життєвого циклу* (ЖЦ). Важливість адекватного виділення фаз ЖЦ технологічних укладів зростає у сучасних умовах, оскільки саме зміна ТУ зумовлює кризи [5]. Побудова адекватних ЖЦ ТУ на підставі існуючих статистичних даних уможливить оцінку технологічної структури економіки країни і вимагає розвитку методології застосування кількісних методів для дослідження такого роду проблем.

### **1. Постановка завдання.**

Під час економетричного моделювання [6, 7] технологічної структури економіки України на підставі концепції технологічних укладів стикнулися з проблемою фрагментарності динамічних рядів значень показників з оцінками внеску різних ТУ у соціально-економічний розвиток країни. Типову ситуацію неповноти даних щодо технологічного розвитку економіки України проілюстровано у табл. 1.



Таблиця 1

## Фрагмент статистичних рядів даних для моделювання 3-го ТУ

Рік	Кількість населення, млн. осіб	Видобуток вугілля, тис. тон	Рік	Кількість населення, млн. осіб	Видобуток вугілля, тис. тон
1913	35,2	22796	1939	40,5	76366
1926	29,5	-	1940	41,3	83841
1928	-	24832	1941	-	-
1932	-	39316	1945	-	30262
1933	-	-	1946	-	39274
1934	-	-	1947	-	46964
1935	-	-	1948	-	57580
1936	-	-	1949	-	68671
1937	-	69072	1950	36,6	78014
1938	-	72807	1951	37,2	85546

Джерело: [ 8, 6]

Інтерполяція стандартними засобами [9, с. 124] для відновлення даних у багатьох випадках не є задовільною. Приміром на рис. 1 відображено спробу поліноміальної апроксимації показника “кількість населення України” на часовому відрізку 1913-1951 рр. за допомогою функції Тренд MS Excel 2010. Якщо запропонований варіант відновлення значень цього показника на проміжку 1926-1951 рр. можна вважати прийнятним, то для років з 1913-го по 1925-й очевидно ні.

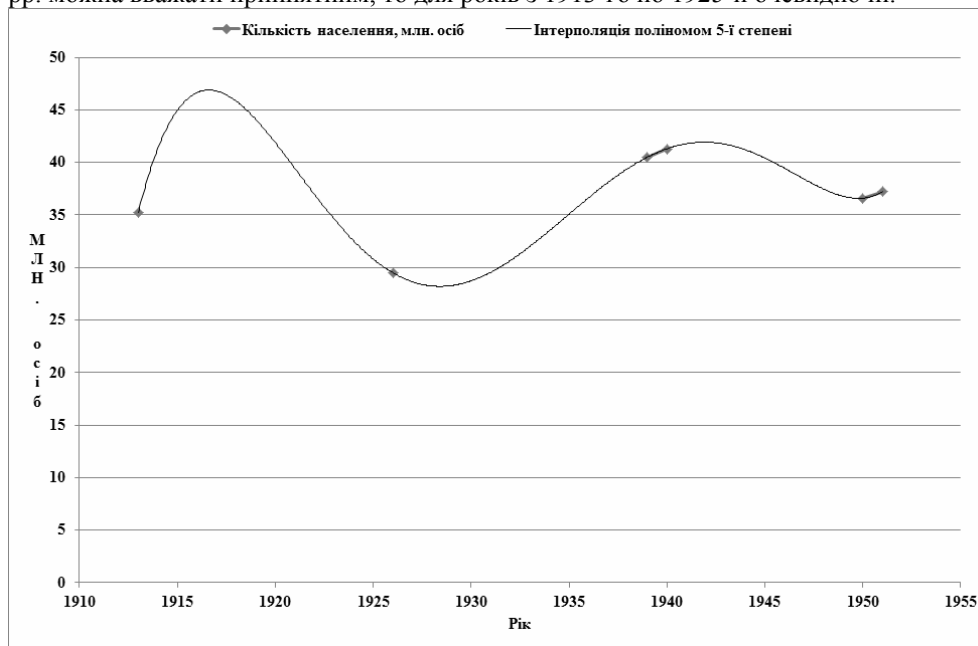
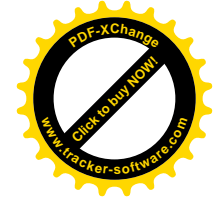


Рис.1 Відновлення даних про кількість населення України у 1913-1951 рр. засобами MS Excel



Причина криється у існуванні різновекторних тенденцій зміни величин економічних показників [9] на суміжних інтервалах та відсутності достовірних апіорних припущень щодо таких змін. Тому нами у процесі обґрунтування комплексу ЕММ прогнозування розвитку технологічної структури економіки країни на підставі концепції ТУ передбачено потребу розробки спеціальних моделей для точнішої інтерполяції значень статистичних показників, які використовуються для обчислення техніко-економічних показників оцінювання внесків ТУ у економічне зростання країни [10].

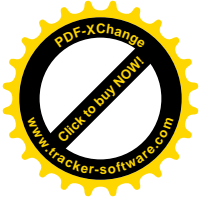
Отже, **метою наукового дослідження** було обґрунтування доцільних способів інтерполяції відомих на кінцях часового проміжку статистичних даних щодо технологічного розвитку країни на внутрішні точки та розроблення специфікацій ЕММ відновлення даних з метою їх застосування для усунення фрагментарності динамічних рядів показників з оцінками стану розвитку ТУ.

## 2. Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз змісту праць фахівців у сфері технологічного прогнозування засвідчує факт ігнорування проблеми неповноти статистичної інформації щодо впливу на економічне зростання виробництв ТУ та технологічної структури економіки загалом [1, 2, 11-14]. Дослідники оперують з готовими динамічними рядами даних, не відкриваючи методики їх формування, особливо у частині наповнення бази даних первинними статистичними показниками для технологічного передбачення. Про типові проблеми фрагментарності економічної інформації та її вплив на якість математичних моделей наголошено у статтях [9, 15]. Теорія інтерполяції як основа для розроблення алгоритмів відновлення значень економічних показників описується у різних джерелах, приміром у [16, с. 144-216]. Інтерполяція за допомогою сплайн-функцій [17] дуже широко використовується на практиці. Проте у сфері прогнозування соціально-економічних процесів прикладів застосувань сплайнових моделей обмаль. Методика успішного відновлення поквартальних значень економічних показників на підставі відомих річних за допомогою раціональних кубічних сплайнів описана у [15]. Окремі аспекти стандартних методик побудови сплайн-функцій для апроксимації значень економічних показників розглянуто у праці [9], де обґрунтовано підходи до конструювання сплайнів для монотонних функцій. На думку автора [9] характерною особливістю процесу інтерполяції значень економічних показників є потреба збереження монотонності їх величин, оскільки багато економічних процесів описуються монотонними функціями. Теорія сплайн-функцій вичерпно описана у монографії [17].

## 3. Моделі відновлення інформації про стан технологічного розвитку країни.

Для кожного  $i$ -го ТУ можна сформувавши множину  $Y_i$  техніко-економічних показників оцінювання його внеску у розвиток країни. Причому такі показники зазвичай не є первинними статистичними, їх значення мусять бути обчислені на підставі статистичної інформації [1, 6, 7]. Розглянемо показник  $x_k \in X_i$ , де через  $X_i$  позначено множину вхідних показників для розрахунку  $y_j \in Y_i$ . Нехай задано інтервал  $T = [t_0, t_n]$ , на якому існують статистичні значення  $x_k(t_v), t_v \in T$ . Допустимо, що для  $x_k \in X_i$  існує інтервал  $T_s^k = [t_s, t_{s+m_{ks}}]$ , який задовольняє три умови, а саме: 1)  $T_s^k \subset T$ , тобто він є підінтервалом заданого проміжку часу; 2)



існує натуральне число  $m_{sk} > 1$  таке, що для всіх  $\nu = \overline{1, m_{ks}}$  справедлива умова  $(t_\nu \in T_s^k) \wedge (x_k(t_\nu) - \text{відсутнє})$ ; 3) величини показника  $x_k \in X_i$  на кінцях інтервалу  $T_s^k$  відомі, тобто статистичні значення  $x_k(t_s)$  та  $x_k(t_{s+m_{ks}})$  вважаються заданими.

Таким чином, завдання полягає у визначенні значень  $x_k$  у внутрішніх точках  $t_\nu, \nu = \overline{s+1, m_{ks}-1}$ , інтервалу  $T_s^k$ . Тобто потрібно здійснити інтерполяцію заданих на кінцях інтервалу  $T_s^k$  величин показника  $x_k$  на внутрішні його точки за допомогою доцільних способів.

**Модель відновлення даних на підставі усереднених темпів приросту значення показника.** Полягає в інтерполяції граничних для інтервалу  $T_s^k$  величин показника на внутрішні точки цього часового відрізка з використанням усередненого коефіцієнта приросту  $\eta_{ks}$  значення показника  $x_k$  на підінтервалі  $T_s^k$ . Як відомо [18, с. 47-48], усереднений коефіцієнт приросту значення показника  $x_k$  на інтервалі  $T_s^k$  обчислюється як середнє геометричне його ланцюгових коефіцієнтів приросту  $\xi_{ks}^\nu$ :

$$\eta_{ks} = m_{ks-1} \sqrt[m_{ks}]{\prod_{\nu=1}^{m_{ks}} \xi_{ks}^\nu}, \quad \xi_{ks}^\nu = \frac{x_k(t_{s+\nu}) - x_k(t_{s+\nu-1})}{x_k(t_{s+\nu-1})}, \quad (1)$$

де  $t_\nu \in T_s^k \subset T$ .

Оскільки у нашому випадку величини  $\xi_{ks}^\nu$  невідомі для усіх внутрішніх точок часового проміжку  $T_s^k$ , то першу формулу у (1) прямо застосовувати не можна. Єдиний вихід – спробувати визначити усереднений коефіцієнт приросту значень показника  $x_k$  на підінтервалі  $T_s^k$  через відомі величини  $x_k(t_s)$  та  $x_k(t_{s+m_{ks}})$ .

Очевидно, що для всіх  $\nu = \overline{1, m_{ks}}$  можна записати

$$x_k(t_{s+\nu}) \approx \eta_{ks} x_k(t_{s+\nu-1}) + x_k(t_{s+\nu-1}) = (\eta_{ks} + 1)^\nu \times x_k(t_s). \quad (2)$$

Звідки отримуємо шукану оцінку  $\eta_{ks}$  за формулою

$$\eta_{ks} = m_{ks} \sqrt[m_{ks}]{\frac{x_k(t_{s+m_{ks}})}{x_k(t_s)}} - 1. \quad (3)$$

Отже, на підставі (3) і (2) розрахувати значення показника  $x_k \in X_i$  для тих періодів  $t_\nu \in T_s^k \subset T$ , у яких вони відсутні у статистичних джерелах інформації, можна за такою підсумковою формулою



$$x_k(t_v) \approx \left[ \sqrt[m_{ks}]{\frac{x_k(t_{s+m_{ks}})}{x_k(t_s)}} - 1 \right]^v \times x_k(t_s) \quad (v = \overline{1, m_{ks} - 1}) \tag{4}$$

**Модель відновлення даних щодо технологічного розвитку методом арифметичної прогресії.** Інтерполяцію на внутрішні точки інтервалу  $T_s^k \subset T$  можна здійснити з використанням властивостей арифметичної прогресії. Розглядаючи  $x_k(t_s)$  як початковий член арифметичної прогресії, а  $x_k(t_{s+m_{ks}})$  як кінцевий, можна наближено відновити проміжні значення  $x_k(t_v)$  для  $t_v \in T_s^k$ , трактуючи їх як члени цієї арифметичної прогресії. Тоді шукані величини  $x_k(t_v)$  рівні

$$x_k(t_v) \approx x_k(t_s) + (v - 1) \times \frac{x_k(t_{s+m_{ks}}) - x_k(t_s)}{m_{ks}} \quad (v = \overline{1, m_{ks}}). \tag{5}$$

**Сплайнова модель відновлення даних щодо технологічного розвитку економіки країни.** Нижче з використанням рекомендацій [17, 9, 15] описуються специфікації ЕММ відновлення інформації щодо технологічного розвитку економіки країни на підставі кубічних раціональних сплайнів. Причому під час адаптації стандартної моделі кубічного сплайну у контексті проблеми відновлення інформації про технологічний стан економіки було враховано 3-и обставини:

- кубічний сплайн має інтерполювати значення показника  $x_k(t) \in X_i$  на внутрішні точки інтервалу  $T_s^k \subset T$ ;
- допускаємо, що в окремих внутрішніх точках цього інтервалу величини  $x_k(t)$  відомі;
- оскільки розвиток економічних процесів описується переважно монотонними функціями [9, с. 124-125], то у процесі побудови кубічного сплайну враховуємо умови "гладкого склеювання" [9, с. 126].

Нехай  $T_s^k = \bigcup_{l=0}^{l_{ks}} [t_{s+l}; t_{s+l+1}]$ , де  $l_{ks}$  - кількість внутрішніх точок інтервалу  $T_s^k$  з відомими значеннями  $x_k(t_{s+l})$ , причому  $t_{s+l_{ks}+1} \equiv t_{s+m_{ks}}$ . Тоді на кожному часовому проміжку  $[t_{s+l}; t_{s+l+1}] \subseteq T_s^k$  значення показника  $x_k(t)$  наближено можна оцінити кубічним раціональним сплайном  $S_{sl}^k(\tau)$  вигляду

$$x_k(t) \approx S_{sl}^k(\tau) = A_{sl}^k \tau + B_{sl}^k (1 - \tau) + \frac{C_{sl}^k \tau^3}{1 + p_{sl}^k (1 - \tau)} + \frac{D_{sl}^k (1 - \tau)^3}{1 + r_{sl}^k \tau}, \tag{6}$$

де  $\tau = \frac{t - t_{s+l}}{h_{sl}^k}$ ;  $h_{sl}^k = t_{s+l+1} - t_{s+l}$  ( $(l = \overline{0, l_{ks}}) \wedge (t_{s+l} \in T_s^k)$ );  $p_{sl}^k, r_{sl}^k$  - деякі

задані числа, причому  $-1 < p_{sl}^k$ , а  $r_{sl}^k < \infty$ ;  $A_{sl}^k, B_{sl}^k, C_{sl}^k, D_{sl}^k$  - коефіцієнти, які можна визначити за допомогою рекурентних співвідношень [9; 17, с. 187-193] з



використанням заданих на інтервалі  $T_s^k$  значень  $x_k(t)$  та умов “гладкого склеювання”.

Застосувавши алгоритм побудови раціонального кубічного сплайну із [17, с. 187-193], отримали, що аналітично  $S_{sl}^k(\tau)$  може бути описана в еквівалентній до (6) формі:

$$S_{sl}^k(\tau) = x_k(t_{s+l}) \times (1-\tau) + x_k(t_{s+l+1}) \times \tau + C_{sl}^k \left[ \frac{\tau^3}{1+p_{sl}^k(1-\tau)} - \tau \right] + D_{sl}^k \left[ \frac{(1-\tau)^3}{1+r_{sl}^k\tau} - (1-\tau) \right], \quad (7)$$

де коефіцієнти  $C_{sl}^k$  та  $D_{sl}^k$  визначаються з умови неперервності першої похідної функції  $S_{sl}^k(\tau)$  для  $l = 0, m_{ks}$  за формулами

$$\begin{cases} C_{sl}^k = \frac{-(3+r_{sl}^k) \times [x_k(t_{s+l+1}) - x_k(t_{s+l})] + h_{sl}^k m_{sl}^k + (2+r_{sl}^k) h_{sl}^k m_{s,l+1}^k}{(2+r_{sl}^k)(2+p_{sl}^k) - 1}; \\ D_{sl}^k = \frac{(3+p_{sl}^k) \times [x_k(t_{s+l+1}) - x_k(t_{s+l})] - h_{sl}^k m_{s,l+1}^k - (2+p_{sl}^k) h_{sl}^k m_{sl}^k}{(2+r_{sl}^k)(2+p_{sl}^k) - 1}, \end{cases} \quad (8)$$

де  $m_{sl}^k = dS_{sl}^k(\tau)/dt|_{t=t_{s+l}}$  - значення першої похідної сплайн-функції у точці  $t_{s+l} \in T_s^k$ .

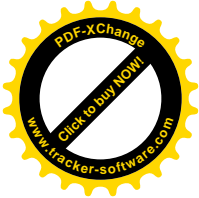
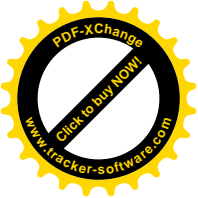
Невідомі коефіцієнти  $m_{sl}^k$  потрібно визначити з умови неперервності другої похідної раціонального сплайну у точках  $t_{s+l}$ . Така вимога уможливить “гладке склеювання” побудованих сплайн-функцій на інтервалі  $T_s^k$ , що має покращити адекватність відновлених даних. З цією метою використовується така система рівнянь для  $l = 1, m_{ks} - 1$ :

$$\begin{aligned} & \lambda_{\text{вд}}^k P_{s,l-1}^k m_{s,l-1}^k + [\lambda_{sl}^k P_{s,l-1}^k (2+r_{s,l-1}^k) + \mu_{sl}^k Q_{sl}^k (2+p_{sl}^k)] m_{sl}^k + \mu_{sl}^k Q_{sl}^k m_{s,l+1}^k = \\ & = \lambda_{sl}^k P_{s,l-1}^k (3+r_{s,l-1}^k) \frac{x_k(t_{s+l}) - x_k(t_{s+l-1})}{h_{s,l-1}^k} + \mu_{sl}^k Q_{sl}^k (3+p_{sl}^k) \frac{x_k(t_{s+l+1}) - x_k(t_{s+l})}{h_{sl}^k}, \end{aligned} \quad (9)$$

де

$$\begin{cases} \lambda_{sl}^k = \frac{h_{sl}^k}{h_{s,l-1}^k + h_{sl}^k}; & \mu_{sl}^k = 1 - \lambda_{sl}^k; \\ P_{s,l-1}^k = \frac{3 + 3p_{s,l-1}^k + [p_{s,l-1}^k]^2}{(2+r_{s,l-1}^k)(2+p_{s,l-1}^k) - 1}; & Q_{sl}^k = \frac{3 + 3r_{sl}^k + [r_{sl}^k]^2}{(2+r_{sl}^k)(2+p_{sl}^k) - 1}. \end{cases} \quad (10)$$

Рівняння (9) ще треба доповнити відповідними граничними умовами [17, с. 190]. Виходячи з нашої вимоги забезпечення “гладкого склеювання” побудованих раціональних кубічних сплайнів, рівняння (9) доповнимо граничними умовами 4-го



типу [17, с. 190] і отримуємо у підсумку систему лінійних рівнянь для визначення коефіцієнтів  $m_{sl}^k$  для усіх  $l = \overline{0, m_{ks}}$ :

$$\begin{cases}
\left[ \lambda_{s,1}^k P_{s,0}^k [1 + (\gamma_{s,0}^k)^2 + r_{s,0}^k] + \mu_{s,1}^k Q_{s,1}^k (2 + p_{s,1}^k) \right] m_{s,1}^k + \left[ \mu_{s,1}^k Q_{s,1}^k + \lambda_{s,1}^k P_{s,0}^k (\gamma_{s,0}^k)^2 \right] m_{s,2}^k = c_{s,1}^k - \lambda_{s,1}^k P_{s,0}^k c_{s,1}^*; \\
\varphi(m_{s,l-1}^k, m_{sl}^k, m_{s,l+1}^k) = c_{sl}^k \quad (l = \overline{2, m_{ks} - 2}) \\
\left[ \lambda_{s,m_{ks}-1}^k P_{s,m_{ks}-2}^k + \mu_{s,m_{ks}-1}^k (\gamma_{s,m_{ks}}^k)^2 Q_{s,m_{ks}-1}^k \right] m_{s,m_{ks}-2}^k + \left[ \lambda_{s,m_{ks}-1}^k P_{s,m_{ks}-2}^k (2 + r_{s,m_{ks}-2}^k) + \mu_{s,m_{ks}-1}^k \times \right. \\
\left. \times Q_{s,m_{ks}-1}^k [1 + (\gamma_{s,m_{ks}}^k)^2 + p_{s,m_{ks}-1}^k] \right] m_{s,m_{ks}-1}^k = c_{s,m_{ks}-1}^k - \mu_{s,m_{ks}-1}^k Q_{s,m_{ks}-1}^k c_{s,m_{ks}-1}^*; \\
m_{s,0}^k = \left[ (\gamma_{s,0}^k)^2 - 1 \right] \times m_{s,1}^k + (\gamma_{s,0}^k)^2 m_{s,2}^k + c_{s,1}^*; \\
m_{s,m_{ks}}^k = \left[ (\gamma_{s,m_{ks}}^k)^2 - 1 \right] \times m_{s,m_{ks}-1}^k + \left[ \gamma_{s,m_{ks}-1}^k \right]^2 \times m_{s,m_{ks}-2}^k + c_{s,m_{ks}-1}^*,
\end{cases} \quad (11)$$

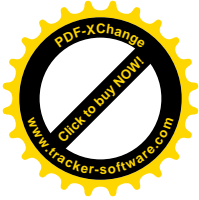
де через  $\varphi(m_{s,l-1}^k, m_{sl}^k, m_{s,l+1}^k)$  і  $c_{sl}^k$  позначено відповідно ліву та праву частини рівняння (9). Інші позначення у системі (11) означають:

$$\begin{cases}
\gamma_{s,0}^k = h_{s,0}^k / h_{s,1}^k; & \gamma_{s,m_{ks}}^k = h_{s,m_{ks}-1}^k / h_{s,m_{ks}-2}^k; \\
c_{s,1}^* = 2 \frac{x_k(t_{s+l+1}) - x_k(t_{s=l})}{h_{s,0}^k} - 2(\gamma_{s,0}^k)^2 \frac{x_k(t_{s+l+2})}{h_{s,1}^k}; \\
c_{s,m_{ks}-1}^* = 2 \frac{x_k(t_{s+m_{ks}}) - x_k(t_{s+m_{ks}-1})}{h_{s,m_{ks}-1}^k} - 2(\gamma_{s,m_{ks}}^k)^2 \frac{x_k(t_{s+m_{ks}-1}) - x_k(t_{s+m_{ks}-2})}{h_{s,m_{ks}-2}^k}.
\end{cases} \quad (12)$$

Матриця системи лінійних рівнянь (11) є три діагональною, що гарантує [17, с. 190] існування єдиного її розв'язку і тим самим існування інтерполяційного раціонального сплайна  $S_{sl}^k(\tau)$  виду (6). Розв'язавши систему (11) з урахуванням (10) і (12) та визначивши  $m_{sl}^k$ , можна за формулами (8) обчислити невідомі коефіцієнти  $C_{sl}^k$  і  $D_{sl}^k$  для аналітичного подання (7) сплайну  $S_{sl}^k(\tau)$ . Тоді вже можна буде застосовувати аналітичний вираз (7) для доповнення ряду показника  $x_k(t)$  значеннями у тих точках інтервалу  $T_s^k$ , де відсутні статистичні дані.

Таким чином, співвідношення (7), (8), (11) разом з (10), (12) сукупно визначають специфікації сплайнової моделі відновлення даних щодо технологічного розвитку країни. Звернемо увагу на наявність параметрів  $p_{sl}^k$  та  $r_{sl}^k$ , які присутні у формулах і які є вільними параметрами. Формальних правил для вибору їх значень не вдалося відшукати. Автори праці [17, с. 192] стверджують, що їх вибір не викликає особливих труднощів, для достатньо точного формування їх значень досить незначного досвіду використання раціональних сплайнів. Подібна рекомендація є у статті [15, с. 36]. Натомість Смоляк С.А. уже рекомендує застосування додаткової оптимізації [9].

**Висновки.** Описані вище моделі уможливають доповнення динамічних рядів значень техніко-економічних показників оцінювання рівня розвитку ТУ як компоненти технологічної структури економіки з урахуванням чинників невизначеності інформації. Фрагментарність значень економічних показників є одним із проявів неповноти економічної інформації. Інтерполяція на внутрішні точки



часового інтервалу покращує якість статистичних наборів даних, що важливо для ідентифікації адекватніших економіко-математичних моделей оцінювання стану технологічного розвитку економіки країни.

Створення таких моделей завершує побудову цілісного комплексу ЕММ прогнозування розвитку технологічної структури економіки країни за умов невизначеності інформації [10]. Наступним нашим завданням буде апробація першої та третьої із описаних моделей та оцінювання їх переваг. Модель відновлення даних методом арифметичної прогресії вже була використана під час оцінювання тенденцій абсолютного поширення [1] на теренах України ТУ з 3-го по 5-й на часовому проміжку з 1913 по 2010 роки [6, 7].

Включення у комплекс ЕММ декількох моделей відновлення даних дає змогу сформулювати деяку множину альтернатив для прийняття рішення з підготовки бази даних для технологічного прогнозування. У процесі оцінювання доцільності застосування конкретної моделі із запропонованих слід враховувати три чинники, а саме: нелінійний характер зміни значення показника, точність апроксимації, складність алгоритму (моделі). Очевидно, що модель відновлення даних методом арифметичної прогресії, незважаючи на її алгоритмічну простоту, мало підходить для апроксимації нелінійних даних. Відновлення даних на підставі усереднених темпів приросту значень показника вже враховує нелінійність зміни величини показника і з огляду на незначну алгоритмічну складність мабуть є оптимальним вибором у випадку монотонних функцій. Якщо головною метою усунення фрагментарності ряду значень економічного показника є точність апроксимації або зміни його величини не є чітко монотонними, то найкраще застосувати модель раціональних сплайнів, незважаючи на її алгоритмічну складність.

З метою усунення довільності вибору значень вільних параметрів  $p_{sl}^k, r_{sl}^k$  у процесі побудови кубічного раціонального сплайну доцільно додатково дослідити можливість застосування методик із [9] для удосконалення цього процесу.

1. Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / С.Ю. Глазьев – М.: ВлаДар, 1993. – 310 с.
2. Freeman C. Technology Policy, and Economic Performance: Lessons from Japan. Science Policy Research Unit. University of Sussex. – L: N.Y., 1987.
3. Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики. / Н.Д. Кондратьев – М., 1989. – С. 170-441.
4. Вахнюк С.В. Технологічні пріоритети України в період розбудови економіки знань / С.В. Вахнюк, С.М. Братушка //Механізм регулювання економіки. – 2008. - №3. – Т.1. – С. 64-72.
5. Глазьев С.Ю. Мировой экономический кризис как процесс смены технологических укладов / С.Ю. Глазьев //Вопросы экономики. - 2009. - №3. – С. 26-38.
6. Жовтанецький М.І. Інформаційне моделювання життєвого циклу третього технологічного укладу економіки України / М.І. Жовтанецький, М.І. Твердохліб //Актуальні проблеми економіки. – 2009. - №10 (100). – с. 191-202.
7. Твердохліб М.І. Інформаційне моделювання технологічної структури економіки України / М.І. Твердохліб //Актуальні проблеми економіки. – 2010. - №10. – С. 272-280.





8. Народне господарство Української РСР в 1959 році. Статист. щорічник. – К.: Державне статистичне видавництво, 1960. – 731 с.
9. Смоляк С.А. Восстановление гладких монотонных функций / С.А. Смоляк // Прикладная эконометрика. – 2010. - №2(18). – С. 123-139.
10. Саварин М.І. Комплекс економіко-математичних моделей оцінювання розвитку технологічної структури економіки України за умов невизначеності інформації / М.І. Саварин // Актуальні проблеми економіки. 2013. - №11 (149). – С. 246-254.
11. Федулова Л. Технологічна готовність економіки України до нових викликів в умовах відсутності технологічної політики/ Л. Федулова // Економіка України. – 2010. - №9. – С.12-26.
12. Сеницкий А.В. К количественной теории технико-экономических укладов / А.В. Сеницкий // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 6. Экономика. – 2005. - №6. – С. 18-34.
13. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса. Пер. с англ. Общ. ред. и пред. Д.М. Гвишиани / Э. Янч. – М.: Издательство «Прогресс», 1970. – 568 с.
14. Мартино Дж. Технологическое прогнозирование. Пер. с англ. Общ. ред. и послесловие В.И. Максименко. / Дж. Мартино - М.: Прогресс, 1977. – 591 с.
15. Шкромиди Н.Я. Застосування сплайн-функцій у прогнозуванні параметрів економічного потенціалу промислових підприємств / Н.Я. Шкромиди // БізнесІнформ. – 2012. - №2. – С. 35-37.
16. Иванов В.В. Методы вычислений на ЭВМ: Справочное пособие / В.В. Иванов. – К.: Наук. думка, 1986. – 584 с.
17. Завьялов Ю.С. Методы сплайн-функций / Ю.С. Завьялов, Б.И. Квасов, В.Л. Мирошниченко. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 352 с.
18. Приймак В.І. Математичні методи економічного аналізу: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / В.І. Приймак – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 296 с.

## MODELS OF DATA RECOVERY FOR TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF COUNTRY

M. Savarin

*Ivan Franko National University of Lviv,  
Prospekt Svobody 18, UA – 79008, Ukraine*

The article considers the problems of supplement the dynamic series statistic data with estimates of the contribution the production of technological ways in development of country. The expediency of application for data recovery using method of interpolation of three models: via arithmetic progression, based on the average growth rate of indicator value, interpolation by cubic spline functions. Shows the model specification.

Keywords: technological development, technological forecasting technological way, interpolation, models of data recovery, spline functions.



## МОДЕЛИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТРАНЫ

М. Саварин

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко,  
УКРАИНА, г. Львов, ул. Свободы, 18,*

Рассматривается проблема дополнения динамических рядов статистических данных оценкам взноса производств технологических укладов в развитие страны. Обоснована целесообразность применения для восстановления данных методом интерполяции трех моделей: с помощью арифметической прогрессии, на основании усредненного темпа прироста значение показателя, интерполяция кубическими сплайн-функциями. Приведены спецификации моделей.

Ключевые слова: технологическое развитие, технологическое прогнозирование, технологический уклад, интерполяция, модели восстановления данных, сплайн-функции.