

УДК 625.7:625.08:388.1

Григоров М.А., к.т.н.¹, Савченко Т.О., інж.²

1 — Служба автомобільних доріг, м. Одеса;

2 — АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка

ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ РОБІТ, ВИКОНУВАНИХ ДОРОЖНІМ ГОСПОДАРСТВОМ УКРАЇНИ

Розглянуто процес розвитку дорожнього господарства у часі. Проведено аналіз якісних й кількісних змін системи, що включають етапи функціонування і розвитку, періоди розімкненого і замкненого станів дорожньо-транспортної системи України. Наведено методику використання моделі довгострокового прогнозу обсягів робіт, виконаних дорожнім господарством України.

Вступ

Процеси формування й руйнування систем повинні відповідати природним законам їхньої еволюції. Неузгодженість між природним і суб'єктивно обґрунтованим ходом розвитку систем може призвести до величезних економічних втрат. Тому ефективність заходів щодо перетворення системи господарювання значною мірою залежить від наявної інформації про можливі результати й наслідки керуючих дій. Така інформація може бути отримана в результаті науково-обґрунтованих прогнозів.

Перетворення на транспорті взагалі й у дорожнім господарстві зокрема призводять до виражених соціальних наслідків. У таких випадках необхідна глибина прогнозування оцінок результатів керуючих дій повинна сягати 30-40 років [1]. Глибина, що досягається, звичайно не перевищує 8-12 років. Тому розрив між необхідною глибиною прогнозування, та тою, що досягається, визначає актуальність удосконалення методів прогностики.

Метою даного дослідження є розробка методики використання моделі довгострокового прогнозу при плануванні обсягів робіт, виконаних дорожнім господарством України.

Загальні питання щодо прогнозу обсягів робіт, виконаних дорожнім господарством України

Параметри математичної моделі функціонування компонентів дорожньо-транспортної системи України в замкнутому стані є [2]: дійсний корінь характеристичного рівняння λ ; дійсна частина комплексно – сполучених коренів α ; кругова частота коливань β .

Вихідними даними для оцінки параметрів моделі є коефіцієнти ваги компонентів системи. При прогнозуванні коефіцієнти приймаються рівними [2]:

$$k_a^{(1)} = 0,85; k_n^{(1)} = 0,075; k_c^{(1)} = 0,075;$$

$$k_n^{(2)} = 0,075; k_d^{(2)} = 0,85; k_c^{(2)} = 0,075;$$

$$k_n^{(3)} = 0,85; k_a^{(3)} = 0,075; k_c^{(3)} = 0,075.$$

Оцінка параметрів моделі здійснюється у наступній послідовності [3].

1. Розраховуються коефіцієнти моделі:

$$m_0 = (1 + k_a^{(1)}k_u^{(2)} + k_d^{(1)}k_u^{(3)}) ; \quad (1)$$

$$m_1 = (2k_a^{(1)} - k_d^{(1)}k_a^{(3)}) ; \quad (2)$$

$$m_2 = (2k_d^{(1)} - k_d^{(2)}k_a^{(1)}) ; \quad (3)$$

$$n_0 = m_0 + m_1k_u^{(2)} + m_2k_u^{(3)}; \quad (4)$$

$$n_1 = m_1 + m_0 k_a^{(1)} - m_2 k_a^{(3)}; \quad (5)$$

$$n_2 = m_2 + m_0 k_\delta^{(1)} - m_1 k_\delta^{(2)}. \quad (6)$$

2. Розраховуються коефіцієнти неповного кубічного рівняння:

$$p = A_1 - \frac{A_2^2}{3}; \quad (7)$$

$$q = \frac{2A_2^3}{27} - \frac{A_1 A_2}{3} + 1. \quad (8)$$

3. Розраховуються коефіцієнти відповідно до моделі [3]:

$$u = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}}; \quad (9)$$

$$\omega = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}}. \quad (10)$$

4. Розраховується дійсний корінь кубічного рівняння по формулі:

$$\lambda_1 = (u + \omega) - \frac{A_2}{3}. \quad (11)$$

5. Розраховується дійсна частина комплексно-сполучених коренів:

$$\alpha = -\frac{u + \omega}{2} - \frac{A_2}{3}. \quad (12)$$

6. Розраховується кругова частота коливань:

$$\beta = \frac{u - \omega}{2} \sqrt{3}. \quad (13)$$

7. Розраховуються коефіцієнти моделі:

$$M_o = \frac{1}{m_1 k_\delta^{(1)} - m_2 k_a^{(1)}} \left(-\frac{k_\delta^{(1)} \lambda_1^2}{r^2} - \frac{m_2}{r} \lambda + (m_2 - k_\delta^{(1)} m_o) \right) = 1,0; \quad (14)$$

$$M_1 = \frac{1}{m_1 k_\delta^{(1)} - m_2 k_a^{(1)}} \left(-\frac{k_\delta^{(1)} (\alpha^2 - \beta^2)}{r^2} - \frac{m_2}{r} \alpha + (m_2 - k_\delta^{(1)} m_o) \right) = -0,5; \quad (15)$$

$$M_2 = \frac{1}{m_1 k_\delta^{(1)} - m_2 k_a^{(1)}} \left(\frac{2\alpha\beta k_\delta^{(1)}}{r^2} + \frac{m_2}{r} \beta \right) = 0,8660254; \quad (16)$$

$$N_o = \frac{1}{m_1 k_\delta^{(1)} - m_2 k_a^{(1)}} \left(-(k_a^{(1)} m_o - m_1) + \frac{m_1}{r} \lambda + \frac{k_a^{(1)} \lambda_1^2}{r^2} \right) = 1,0; \quad (17)$$

$$N_1 = \frac{1}{k_a^{(1)} m_2 - k_\delta^{(1)} m_1} \left((k_a^{(1)} m_o - m_1) - \frac{m_1}{r} \alpha - \frac{k_a^{(1)} (\alpha^2 - \beta^2)}{r^2} \right) = -0,5; \quad (18)$$

$$N_2 = \frac{1}{(m_1 k_\delta^{(1)} - m_2 k_a^{(1)})} \left(\frac{2\alpha\beta k_a^{(1)}}{r^2} + \frac{m_1}{r} \beta \right) = 0,8660254. \quad (19)$$

8. Розраховуються визначники моделі:

$$\begin{aligned} \Delta_0 = & -\frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \left[\frac{M_1(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} - \frac{M_2(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} \right] \left[\frac{N_1(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} - \frac{N_2(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} \right] - \frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \times \\ & \times \frac{\beta + b_1}{\alpha^2 + \beta^2} \left(\frac{N_1(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} + \frac{N_2(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} \right) - \frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \frac{\alpha - b_0}{\alpha^2 + \beta^2} \left[\frac{M_1(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} + \frac{M_2(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} \right] + \\ & + \frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \frac{\beta + b_1}{\alpha^2 + \beta^2} \left[\frac{M_1(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} - \frac{M_2(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} \right] + \frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \frac{\alpha - b_0}{\alpha^2 + \beta^2} \left(\frac{N_1(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} - \right. \\ & \left. - \frac{N_2(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} \right) + \\ & + \frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \left[\frac{N_1(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} + \frac{N_2(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} \right] \left[\frac{M_1(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} + \frac{M_2(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} \right]; \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \Delta_2 = & \frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \left[\frac{N_1(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} - \frac{N_2(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} \right] (1 - P_{a0}) + \frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \frac{\beta + b_1}{\alpha^2 + \beta^2} (1 - P_{c0}) + \frac{1}{\lambda_1} \times \\ & \times (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \left[\frac{M_1(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} + \frac{M_2(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} \right] (1 - P_{r0}) - \frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \frac{\beta + b_1}{\alpha^2 + \beta^2} (1 - P_{a0}) - \\ & - \frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \left[\frac{N_1(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} - \frac{N_2(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} \right] (1 - P_{r0}) - \frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \left[\frac{M_1(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} + \frac{M_2(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} \right] (1 - P_{c0}); \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \Delta_3 = & -\frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \left[\frac{M_1(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} - \frac{M_2(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} \right] (1 - P_{c0}) - \frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \left[\frac{N_1(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} + \frac{N_2(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} \right] (1 - P_{r0}) - \\ & - \frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \frac{\alpha - b_0}{\alpha^2 + \beta^2} (1 - P_{a0}) + \frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \left[\frac{M_1(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} - \frac{M_2(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} \right] (1 - P_{r0}) + \\ & + \frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \frac{\alpha - b_0}{\alpha^2 + \beta^2} (1 - P_{c0}) + \frac{1}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau_s} - 1) \left[\frac{M_1(\alpha - b_0)}{\alpha^2 + \beta^2} - \frac{M_2(\beta + b_1)}{\alpha^2 + \beta^2} \right] (1 - P_{a0}). \end{aligned} \quad (22)$$

9. Розраховуються довільні постійні по формулах:

$$C_0 = \frac{\Delta_1}{\Delta_0}, \quad (23)$$

$$C_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta_0}, \quad (24)$$

$$C_2 = \frac{\Delta_3}{\Delta_0}. \quad (25)$$

10. Розраховуються ймовірності переходу компонентів системи з фактичного стану у заданий стан норми:

$$P_n(\tau) = \frac{C_0}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau} - e^{\lambda_1 \tau_3}) + \frac{C_1}{\alpha^2 + \beta^2} \left[e^{\alpha \tau} (\beta \sin \beta \tau + \alpha \cos \beta \tau) - e^{\alpha \tau_3} (\beta \sin \beta \tau_3 + \alpha \cos \beta \tau_3) \right] + \frac{C_2}{\alpha^2 + \beta^2} \left[e^{\alpha \tau} (\alpha \sin \beta \tau - \beta \cos \beta \tau) - e^{\alpha \tau_3} (\alpha \sin \beta \tau_3 - \beta \cos \beta \tau_3) \right] + C_3; \quad (26)$$

$$P_a(\tau) = \frac{C_0 M_0}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau} - e^{\lambda_1 \tau_3}) + \frac{C_1 M_1 - C_2 M_2}{\alpha^2 + \beta^2} \left[e^{\alpha \tau} (\beta \sin \beta \tau + \alpha \cos \beta \tau) - e^{\alpha \tau_3} (\beta \sin \beta \tau_3 + \alpha \cos \beta \tau_3) \right] + \frac{C_1 M_2 + C_2 M_1}{\alpha^2 + \beta^2} \left[e^{\alpha \tau} (\alpha \sin \beta \tau - \beta \cos \beta \tau) - e^{\alpha \tau_3} (\alpha \sin \beta \tau_3 - \beta \cos \beta \tau_3) \right] + C_4; \quad (27)$$

$$P_c(\tau) = \frac{C_0 N_0}{\lambda_1} (e^{\lambda_1 \tau} - e^{\lambda_1 \tau_3}) + \frac{C_1 N_1 + C_2 N_2}{\alpha^2 + \beta^2} \left[e^{\alpha \tau} (\beta \sin \beta \tau + \alpha \cos \beta \tau) - e^{\alpha \tau_3} (\beta \sin \beta \tau_3 + \alpha \cos \beta \tau_3) \right] + \frac{C_2 N_1 - C_1 N_2}{\alpha^2 + \beta^2} \left[e^{\alpha \tau} (\alpha \sin \beta \tau - \beta \cos \beta \tau) - e^{\alpha \tau_3} (\alpha \sin \beta \tau_3 - \beta \cos \beta \tau_3) \right] + C_5, \quad (28)$$

де P_n, P_a, P_c — вірогідності переходу компонентів дорожньо-транспортної системи з фактичного у заданий стан відповідно;

τ_3 — період замкнутого стану системи;

τ — рік, на який розраховується ймовірність у межах цього замкнутого періоду.

Аналізуючи еволюції характеристик компонентів дорожньо-транспортної системи можна зробити прогноз щодо їхнього подальшого розвитку.

Закономірність розвитку дослідницького процесу полягає в тому, що система розвивається симетрично, тому можна представити модель розвитку в наступному вигляді (рис. 1).

Якщо розглянути співвідношення замкнених періодів, а точніше співвідношення початкової та кінцевої точок періоду, то можна визначити наскільки крива (рис. 1) збільшується чи зменшується в тому чи іншому періоді та зробити відповідний аналіз росту чи зменшення обсягів робіт дорожнього господарства.

Коефіцієнти приросту обсягів робіт на першому періоді замкнутого стану системи III етапу менше коефіцієнтів приросту на першому періоді замкнутого стану системи II етапу в середньому згідно досліджуваних характеристик в 1,1 рази. Аналіз еволюції компонентів дорожньо-транспортної системи України дозволяє виділити 3 етапи функціонування системи у замкнутому та розімкнутому стані (табл. 1).

Виходячи з вищевикладеного, прогнозування досліджуваних характеристик доцільно виконувати у два етапи:

– на першому етапі, користуючись коефіцієнтами приросту всередині етапу і співвідношення між приростами перших періодів замкнутого стану й перших періодів розімкнутого стану II і III етапів, виконуємо прогноз початкових і кінцевих значень характеристик у різні періоди існування дорожньо-транспортної системи (табл. 2);

– на другому етапі, використовуючи математичні моделі в замкнутому стані [2], знаходимо чисельні значення довжини доріг усередині періодів (табл. 3).

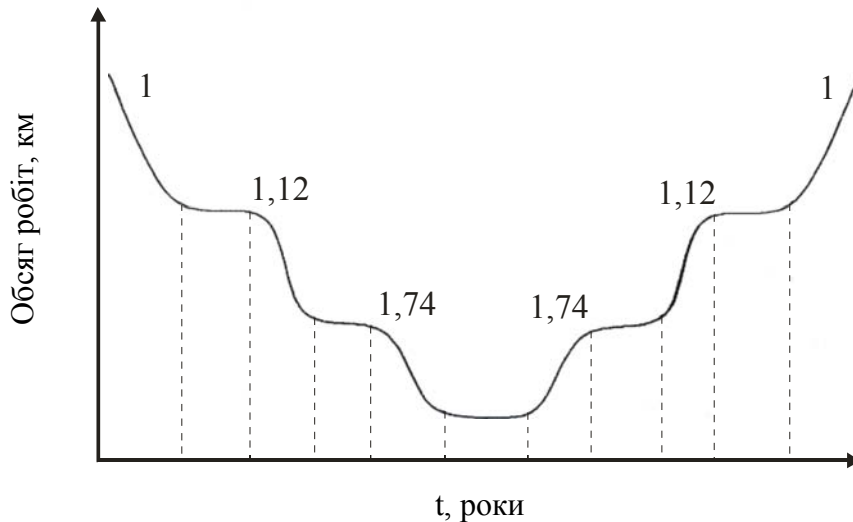


Рис. 1. Пропорційне співвідношення замкнених періодів

Таблиця 1

Межі періодів замкнутого й розімкнутого стану етапів еволюції дорожньо-транспортної системи

Номер етапу	Номер періоду	Стан системи	
		Замкнуте (роки)	Розімкнуте (роки)
I	1	1725 -1773	1773-1785
	2	1785-1809	1809-1833
	3	1833-1845	1845-1893
II	1	1893-1921*	1921-1927
	2	1927-1939	1939-1958**
	3	1958-1964	1964-1988
III	1	1988-2000	2000-2003
	2	2003-2009	2009-2015
	3	2015-2018	2018-2030

* У цей період входить період збою ритму 1914 - 1918 років.

** У цей період входить період збою ритму 1939 - 1946 років.

Таблиця 2

Прогноз початкових і кінцевих значень досліджуваних характеристик у різні періоди існування дорожньо-транспортної системи

Прогноз початкових і кінцевих значень довжини доріг				
Стан системи	Період існування, роки	Коефіцієнт приросту довжини доріг	Початкова довжина доріг, км	Кінцева довжина доріг, км
розімкнуте	2006-2008	1,023	2568,95	2919,26
замкнуте	2008-2011	1,207	2919,26	5598,25
розімкнуте	2011-2014	1,023	5598,25	5867,71
замкнуте	2014-2019	1,099	5867,71	22057,11
розімкнуте	2019-2025	1,034	22057,11	22057,11

Чисельний прогноз довжини доріг по роках

Роки	Довжина доріг, км	Роки	Довжина доріг, км	Роки	Довжина доріг, км
2006	2568,95	2013	5867,7095	2020	22057,11
2007	2919,26	2014	5867,7095	2021	22057,11
2008	2919,26	2015	9608,5143	2022	22057,11
2009	3741,2494	2016	13079,021	2023	22057,11
2010	4503,8448	2017	16298,761	2024	22057,11
2011	5867,7095	2018	19285,854	2025	22057,11
2012	5867,7095	2019	22057,11		

Прогнози значень обсягів робіт представлені на рис. 2.

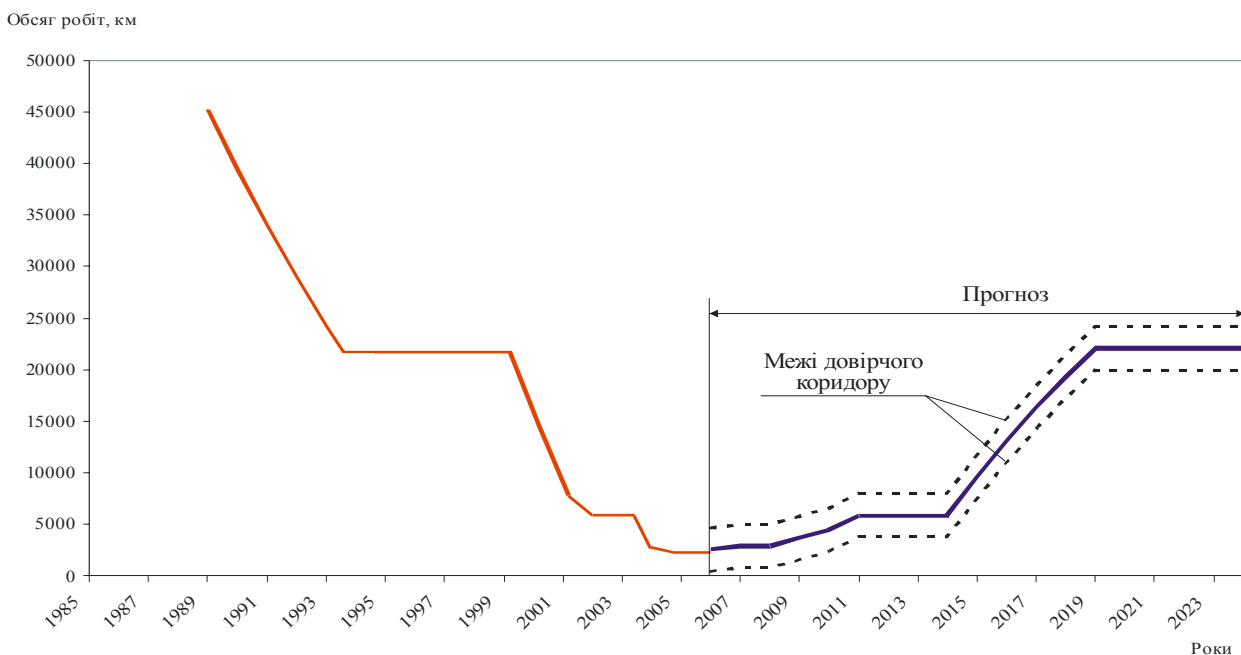


Рис.2. Прогноз обсягів робіт (довжини доріг), виконаних дорожнім господарством

Висновки

Розроблена методика використання моделі довгострокового прогнозу при плануванні обсягів робіт, виконаних дорожнім господарством України, дозволяє отримувати результати, необхідні для складання перспективного плану щодо виконання робіт дорожнім господарством України, планувати матеріальні витрати та розраховувати необхідну кількість працівників для виконання заданих обсягів робіт.

Список літератури

1. Добров Г.М. Прогнозирование науки и техники. — М.: Наука, 1977. — 209 с.
2. Ярещенко Н.В. Долгосрочное прогнозирование скоростей движения на автомобильных дорогах: Дис... канд. техн. наук: 05.22.11. — Харьков, 1999. — 160 с.
3. Гаврилов Е.В., Ліник І.Е., Савченко Т.О. Прогнозування розвитку дорожнього господарства України на етапі переходу до ринкової економіки// Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»: Збірник наукових праць. — Харків: НТУ «ХПИ». — 2006. — № 26. — С. 57-66.

Стаття надійшла до редакції 01.11.07
© Григоров М.А., Савченко Т.О., 2007