

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНЬОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF UKRAINIAN TRANSPORT SYSTEM'S DEVELOPMENT SIMULATION

Наталія КУДРИЦЬКА,
кандидат економічних наук,
Інститут економіки та прогнозування
НАН України, Київ



Nataliya KUDRYTS'KA,
PhD in Economics,
Institute for Economics and Forecasting,
Ukrainian NAS, Kyiv

Перехід економіки України до ринкових відносин передбачає динамічний і збалансований розвиток усіх її секторів, насамперед транспортно-дорожнього комплексу (ТДК), який займає одне з пріоритетних місць серед галузей реального сектора. Реалізація стратегії динамічного розвитку ТДК України з метою вирішення проблем повного, своєчасного, безперебійного та якісного задоволення попиту споживачів транспортних послуг із можливо мінімальними витратами вимагає його випереджаючої модернізації порівняно з економікою в цілому.

Транспорт задовольняє потреби економіки та населення у перевезеннях, проте ефективність його функціонування, рівень безпеки та якості перевезень пасажирів і вантажів, охорони довкілля не відповідають європейським і світовим вимогам.

Актуальність проблеми моделювання динамічного розвитку ТДК підтверджується прийняттям низки нормативно-правових актів, зокрема: Транспортної стратегії України на період до 2020 року (Розпорядження КМУ від 20.10.2010 №2174-р); Національного плану дій на 2013 рік щодо впровадження Програми економічних реформ на 2010-2014 роки «Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава» (Указ Президента України від 12.03.2013 №128/2013).

Аналіз основних тенденцій розвитку ТДК України свідчить про недостатню послідовність перетворень, які відбуваються в системі транспорту, та відображає коливання основних його показників протягом останніх років післякризового розвитку економіки. Так, обсяг перевезення вантажів усіма видами транспорту у 2011 році становив 1887 млн. т, що на 6,9% більше порівняно з 2010. Проте у 2012 спостерігалось падіння обсягу на 5% у порівнянні з 2011 роком, така ж тенденція спостерігається й у першому півріччі 2013. При цьому коливання середньої рівня рентабельності операційної діяльності на транспорті становили від 4,8% у 2007 році до 2,3% у 2011, що характеризує наявність нерегулярності під час функціонування транспортної системи. Темпи розвитку ТДК, який є складною динамічною системою,

не дозволяють своєчасно одержувати досконале уявлення про нього як про систему, яка відповідала б вимогам сучасності.

Специфічні умови транспортної системи України характеризуються високим рівнем невизначеності, що впливає на збільшення ризиків і втрат при прийнятті управлінських рішень.

Складність економічних процесів ставить нові, більш високі вимоги до управління економічними системами всіх рівнів. У сучасних умовах найбільш ефективним напрямом у дослідженні економічних систем є застосування апарату економіко-математичних методів і моделей, які реалізуються за допомогою інформаційних технологій. Проте дослідження в економіці проявив хаотичну динаміку, а також наслідки економічної кризи, різкі коливання змінних стану складних систем, вплив невизначеностей і нерегулярності, що вагомो відбиваються на формуванні умов їх функціонування, доводять, що застосування класичних методів і моделей у цій ситуації є малоефективним. Тому виникає необхідність переорієнтації методології моделювання з досліджень процесів стабілізації на вивчення особливостей функціонування

за умов нестабільності й нереальної поведінки, з детермінізму на оцінку та врахування невизначеностей.

Необхідність переходу до нової парадигми дослідження функціонування ТДК викликано корінними змінами наукового світогляду, пов'язаними з розвитком ринкових відносин, непередбачуваністю тенденцій економічних процесів у всіх сферах економіки. Усунення теоретичної роз'єднаності застосування кількісних методів аналізу економічних процесів має здійснюватися шляхом створення єдиного теоретичного інструментарію з погляду нової еволюційної парадигми дослідження економіки.

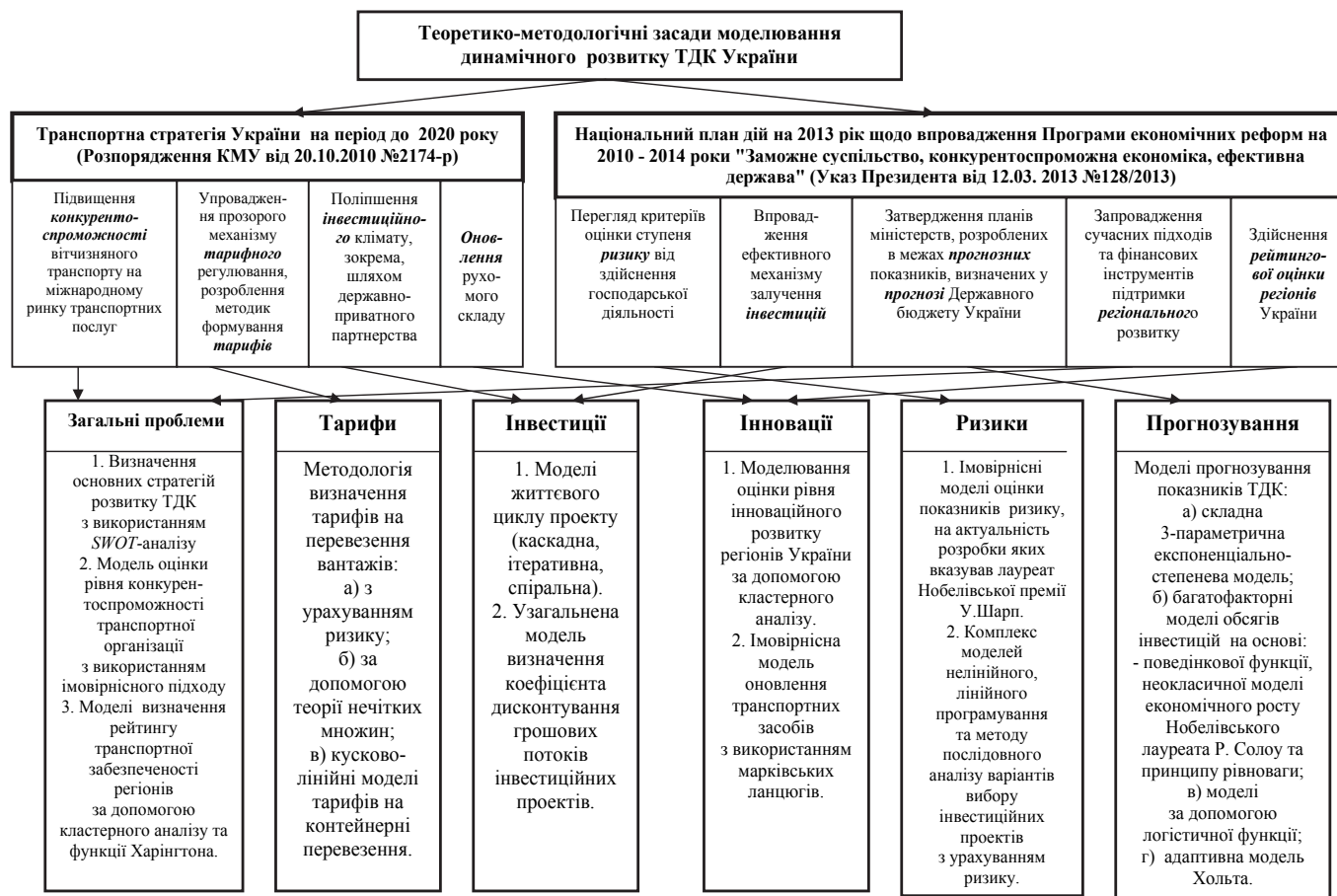
Науковими дослідженнями щодо розробки економіко-математичних моделей розвитку транспортної системи займалося багато вітчизняних вчених [1–9]. Проблеми моделювання транспортних систем вивчають також і зарубіжні вчені [10–15].

Метою статті є формулювання основних напрямів теоретико-методологічних засад та розробка

Статтю присвячено розробці комплексу економіко-математичних моделей динамічного розвитку транспортно-дорожнього комплексу України: визначення основних напрямів альтернативних стратегій за допомогою SWOT-аналізу; оцінка конкурентоспроможності транспортної організації з використанням імовірнісного підходу; визначення рейтингу регіонів України за рівнем транспортної забезпеченості та інноваційного розвитку; удосконалення методології формування тарифів на перевезення вантажів з урахуванням ризику та використанням теорії нечітких множин; імовірнісна модель оновлення транспортних засобів із використанням теорії марківських ланцюгів. Запропоновано моделі вибору оптимальних інвестиційних проектів з урахуванням ризику та інших факторів, що впливають на прибутковість, розроблено комплекс моделей прогнозування показників діяльності транспортної системи України на короткострокову перспективу.

The article is devoted to the development of complex economic and mathematical models of dynamic development of the transport system of Ukraine: identifying key areas of alternative strategies using SWOT-analysis, evaluation of the competitiveness of transport using probabilistic approach, the ranking of regions in Ukraine in terms of transport provision and innovative development, improving the methodology formation of cargo tariffs taking into account the risks and the use of fuzzy set theory, probability model updating of vehicles using the theory of Markov chains. The models of optimal choice of investment projects based on risks and other factors that affect the profitability, we developed complex forecasting models of performance prediction of the transport system of Ukraine in the short term.

Рисунок. Блок-схема основних напрямів моделювання динамічного розвитку ТДК України



комплексу економіко-математичних моделей динамічного розвитку ТДК України з подальшою їх реалізацією з використанням сучасного програмного забезпечення.

Перспективність моделювання не тільки як технології дослідження економічних систем, але і як методу наукового пізнання зумовлює необхідність проведення досліджень у сфері структурування методів, підходів, технік, інструментальних засобів, які становлять його методологію. Це зумовило актуальність досліджень щодо розробки теоретико-методологічних засад моделювання динамічного розвитку ТДК як складної економічної системи.

Усі економічні проблеми, які вимагають застосування економіко-математичних методів, можна досить чітко розділити на два типи: статичні та динамічні. До статичних задач доцільно відносити такі, при рішенні яких достатньо мати у своєму розпорядженні інформацію щодо стану системи у фіксований момент часу. До цих задач в економіці належать задачі прикріплення постачальників до споживачів, розміщення виробничих потужностей, розподілу наявних ресурсів, планування випуску продукції за заданим асортиментом тощо.

Проте в більшості випадків при прийнятті рішення потрібно вибрати деякий варіант організації системи або формування її структури з урахуванням динаміки функціонування на деякому проміжку часу. Для цього необхідно володіти математичним інструментом, за допомогою якого, не вдаючись до натурного експерименту, можна було б оцінювати ефективність роботи системи за деякий проміжок часу.

З використанням динамічних моделей економіки вирішуються задачі прогнозування економічних процесів: визначення траєкторії розвитку системи, її станів на задані

моменти часу, аналіз системи на стійкість, аналіз структурних зрушень.

Існують два принципово різні підходи до побудови динамічних моделей. Перший – конструктивний або оптимізаційний, який полягає у виборі із множини можливих траєкторій економічного розвитку оптимальної, найкращої за визначеним критерієм траєкторії. Інший підхід – дескриптивний або описовий. Його зміст полягає у дослідженні рівноваги в економічній системі, тобто визначенні «рівновагової траєкторії» (врівноваженого, збалансованого економічного зростання), яка є результатом взаємодії множини складових економічної системи [16].

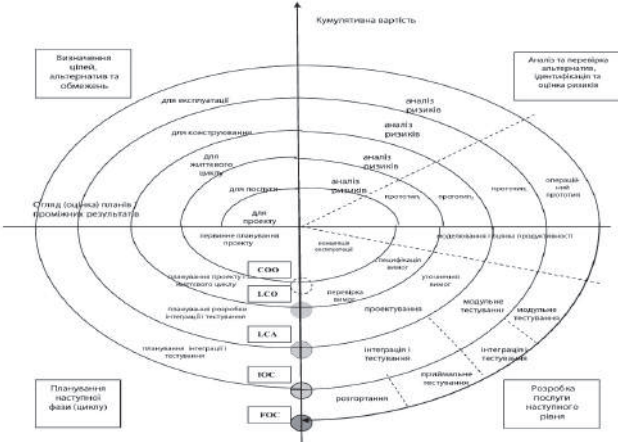
З точки зору автора, ТДК України – це сукупність шляхів сполучення, перевізних засобів, технічних пристроїв і механізмів, засобів управління та зв'язку, обладнання усіх видів транспорту, це складна система економічних, ринкових, технологічних, технічних, екологічних, інформаційних і правових відносин, основною метою якої є максимальне задоволення потреб національного господарства та населення в перевезеннях вантажів і пасажирів відповідно до державних цільових програм на основі досягнень науково-технічного прогресу.

ТДК України, який є динамічною складною системою, постійно змінюється, набуває нових якісних рис, тому теоретико-методологічне осмислення суперечностей, проблем, які пов'язані з його функціонуванням, потребує дослідження всіх факторів, що породжують закономірності його розвитку. Виникає необхідність застосування принципів системного аналізу як методу пізнання та логіко-методологічного інструменту дослідження процесів динамічного розвитку ТДК України.

Таблиця. Основні напрями досліджень та економіко-математичні моделі динамічного розвитку ТДК України

Напрями досліджень 1	Моделі динамічного розвитку ТДК України 2	Отриманий результат 3
<p>Загальні проблеми</p>	<p>Визначення основних стратегій розвитку ТДК з використанням SWOT-аналізу</p>	<p>Стратегії розвитку ТДК: <i>стратегія максимізації сильних сторін і можливостей S-Q</i> - пов'язана з наявністю розвинутої транспортної мережі України, її вигідним географічним положенням, що дозволяє збільшити обсяги транзитних перевезень; розвитком системи логістичних і сервісних центрів, пунктів пропуску вантажів і пасажирів через кордони країни;</p> <p>~ <i>стратегія, що мінімізує слабкі сторони та максимізує можливості W-Q</i>, спрямована на: реформування системи управління; розробку нових, економічно обґрунтованих тарифів на перевезення пасажирів і вантажів; поповнення й оновлення рухомого складу;</p> <p>~ <i>стратегія, що максимізує сильні сторони і мінімізує загрози S-T</i>, передбачає:</p> <ul style="list-style-type: none"> - приведення законодавства України у сфері транспорту у відповідність до вимог ЄС та СОТ; - впровадження екологічних і енергозберігаючих технологій; <p>~ <i>стратегія, що мінімізує слабкі сторони і загрози W-T</i>, передбачає усунення недоліків:</p> <ul style="list-style-type: none"> - низька якість і кількість транспортних послуг; - недостатньо розвинена інфраструктура; - високий рівень енерго- та теплоспоживання; - низька частка підприємств, що здійснюють інновації; - погіршення екологічного стану навколишнього природного середовища.
	<p>Модель оцінки рівня конкурентоспроможності транспортної організації з використанням імовірнісного підходу</p>	<p>Інтегральний показник конкурентоспроможності: $K_{in} = \frac{K_{nn} + K_n + K_o + K_{ns} + K_p}{n}$</p> <p>$K_{nn}$ - коефіцієнт визначення попиту та пропозиції транспортних послуг та оцінка їх співвідношення; K_n - коефіцієнт якості транспортного обслуговування; K_o - коефіцієнт співвідношення доходів і витрат на перевезення; K_{ns} - коефіцієнт кількості видів перевезень; K_p - коефіцієнт забезпеченості ресурсами.</p>
	<p>Моделі визначення рейтингу транспортної забезпеченості регіонів за допомогою:</p> <p>а) ієрархічного кластерного аналізу</p>	<p>Показники транспортної забезпеченості регіонів вантажним автотранспортом:</p> <ul style="list-style-type: none"> - наявна кількість населення, тис. осіб; - площа території, тис. км²; - перевезено вантажів автомобільним транспортом, млн. т; - довжина автомобільних доріг загального користування, тис. км; - середня відстань перевезення 1 т вантажів автотранспортом, км; - загальний пробіг вантажних автомобілів, тис. км; - щільність автомобільних доріг загального користування з твердим покриттям (км на 1 тис. км² території). <p>У результаті моделювання визначено 3 кластери:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <i>високий рівень:</i> Дніпропетровська, Донецька, Київська, Львівська, Харківська області; 2) <i>середній:</i> Вінницька, Запорізька, Луганська, Одеська, Полтавська і Черкаська області; 3) <i>низький:</i> Крим, Волинська, Житомирська, Закарпатська, Івано-Франківська, Кіровоградська, Миколаївська, Рівненська, Сумська, Тернопільська, Херсонська, Хмельницька, Чернівецька, Чернігівська.
	<p>б) функції бажаності Харінгтона</p>	<p>Інтегральний показник транспортної забезпеченості: $D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i}$, де d_i - частинна функція, n - кількість показників. $d_i = \exp(-\exp(-y_i))$, де y_i - значення показника у стандартизованому вигляді.</p>
<p>Тарифи</p>	<p>Методологія визначення тарифів на перевезення вантажів:</p> <p>а) визначення собівартості перевезень вантажів з урахуванням ризику</p>	<p>Дослідження економічних ризиків на транспорті показали, що допустимий рівень ризику складе 0,338, тоді при розрахунку тарифів на перевезення вантажів автотранспортом собівартість перевезень дорівнює : $S_2 = S_1 + 0,338 S_1$.</p>
	<p>б) визначення собівартості перевезень вантажів автотранспортом за допомогою теорії нечітких множин;</p>	<p>Структура нечіткої моделі визначення витрат собівартості перевезень</p>
	<p>в) кусково-лінійні моделі визначення тарифів на контейнерні перевезення вантажів залізничним транспортом</p>	<p>Моделі визначення базових ставок тарифів на перевезення вантажів у внутрішньому сполученні у 10-, 20- та 30-фуговому контейнері:</p> $T^{10\phi}_{\text{вн}} = 0,52664 \cdot l + 117,27 ; T^{20\phi}_{\text{вн}} = 1,0492 \cdot l + 228,73 ; T^{30\phi}_{\text{вн}} = 2,0526 \cdot l + 453,01$ <p>Моделі визначення тарифів на контейнерні перевезення вантажів у транзитному сполученні:</p> $T_{\text{к}}^{10\phi} = \begin{cases} 0,12 \cdot l + 320,0 & \text{якщо } 100 \leq l < 200 \\ 1,74 \cdot l - 4,6667 & \text{якщо } 200 \leq l < 400 \\ -2,6 \cdot l + 1732 & \text{якщо } 400 \leq l < 500 \\ 0,88 \cdot l - 8,0 & \text{якщо } 500 \leq l < 1000 \\ 0,095 \cdot l + 770,8 & \text{якщо } 1000 \leq l < 2000 \\ 4,0 \cdot l - 7032,0 & \text{якщо } l > 2000 \end{cases} ; T_{\text{к}}^{20\phi} = \begin{cases} 0,2 \cdot l + 644 & \text{якщо } 100 \leq l < 200 \\ 3,5 \cdot l - 16,667 & \text{якщо } 200 \leq l < 400 \\ 5,16 \cdot l + 3446 & \text{якщо } 400 \leq l < 500 \\ 1,748 \cdot l - 7,486 & \text{якщо } 500 \leq l < 1000 \\ 0,19018 \cdot l + 1558 & \text{якщо } 1000 \leq l < 2000 \\ 8,0 \cdot l - 14064 & \text{якщо } l > 2000 \end{cases}$ $T_{\text{к}}^{30\phi} = \begin{cases} 0,32 \cdot l + 1164,0 & \text{якщо } 100 \leq l < 200 \\ 6,30 \cdot l - 31,333 & \text{якщо } 200 \leq l < 400 \\ -9,28 \cdot l + 6200 & \text{якщо } 400 \leq l < 500 \\ 3,151 \cdot l - 15,81 & \text{якщо } 500 \leq l < 1000 \\ 0,34036 \cdot l + 2806,5 & \text{якщо } 1000 \leq l < 2000 \\ 14,4 \cdot l - 25316 & \text{якщо } l > 2000 \end{cases}$ <p>де l - відстань перевезень, км.</p>



1	2	3
<p>Інвестиції</p>	<p>Моделі життєвого циклу проекту</p>	<p>1). <i>Каскадна модель</i> - за принципом «водоспаду» - робота над проектом відбувається лінійно шляхом виконання етапів: аналіз вимог (дослідження середовища); проєктування; розробка й реалізація підпроектів; перевірка підпроектів; перевірка проекту в цілому.</p> <p>2). <i>Ітеративна модель</i> — передбачає виконання робіт паралельно з безперервним аналізом одержаних результатів і коректуванням попередніх етапів роботи. Проект при цьому підходить в кожній фазі розвитку проходить цикл, що повторюється: планування — реалізація — перевірка — оцінка.</p> <p>3). <i>Спіральна модель</i> - на кожному витку спіралі створюється чергова версія продукту (послуги), уточнюються вимоги до проекту, визначається його якість і плануються роботи наступного витка спіралі, розглядається залежність ефективності від вартості й часу.</p>  <p>Узагальнена модель визначення коефіцієнта дисконтування грошових потоків інвестиційних проєктів</p> <p>Модель коефіцієнта дисконтування грошових потоків інвестиційних проєктів:</p> $d(E, t) = (1,0052 E + 0,9948) e^{(1,131 E^{0,04} e^{-1,251 E} - 1)(t+1)}$ <p>де E — ставка дисконтування; t — номер року впровадження проекту</p>
<p>Інновації</p>	<p>Моделювання оцінки рівня інноваційного розвитку регіонів України за допомогою кластерного аналізу</p> <p>Ймовірнісна модель оновлення транспортних засобів з використанням марківських ланцюгів</p>	<p>Показники інноваційного розвитку регіонів України:</p> <ul style="list-style-type: none"> ~ сумарна кількість працівників, зайнятих у науково-дослідних і дослідно-конструкторських роботах (НДДКР), на 1000 осіб; ~ кількість аспірантів на 10000 осіб; ~ витрати на НДДКР, на одну особу, грн.; ~ інноваційні витрати на одну особу, грн.; ~ кількість отриманих охоронних документів на винаходи на 1 млн. осіб; ~ кількість студентів ВНЗ III–IV рівнів акредитації на 1000 осіб. <p>У результаті моделювання отримано, що найвищий рівень інноваційного розвитку спостерігається у Київській, Харківській і Донецькій області, середній – в Одеській, Вінницькій, Кримській і Херсонській.</p> <p>Модель простого оновлення транспортних засобів (ТЗ). Кількість ТЗ оновлюється таким чином, що загальна їх кількість N за роками на перспективу залишається незмінною: $D_n = D_0 P$,</p> <p>де: D_n - розподіл чисельності ТЗ за віком в n-й період часу; D_0 - вихідний розподіл чисельності ТЗ v за віком в початковий момент часу $D_0 = (v_0, v_1, \dots, v_{T-2})$; P- матриця перехідних ймовірностей.</p>
<p>Ризики</p>	<p>Ймовірнісні моделі оцінки показників економічного ризику</p> <p>Комплекс моделей вибору інвестиційних проєктів за допомогою:</p> <p>а) нелінійного програмування</p> <p>б) лінійного програмування</p> <p>в) методу послідовного аналізу варіантів</p>	<p>Вперше проведено статистичне дослідження показників ризику автотранспортних підприємств: відносних значень збитків, коефіцієнтів кредитного ризику, абсолютної та поточної ліквідності, збитків за факторами «Відповідальність водія за шкоду перед третіми особами» та «Відповідальність перевізника при транспортуванні вантажу», встановлені ймовірнісні закони їх розподілу. Запропоновано моделі визначення законів розподілу збитків на основі емпіричної залежності та характерних значень допустимого і критичного рівня інвестиційного ризику при відомих їх ймовірностях. Розроблено модель оцінки ризику з використанням функції корисності.</p> <p>Вперше побудовано білінійну задачу математичного програмування дискретно-неперервного типу вибору оптимальних проєктів з урахуванням факторів, які впливають на прибутковість (ризик, дисконт, темп інфляції, податки, рентабельність). У результаті моделювання визначаються терміни інвестування проєктів, обсяги їх фінансування та отриманий прибуток наприкінці впровадження.</p> <p>У випадку, коли терміни початку інвестування проєктів задані жорстко, без варіації, задача математичного програмування дискретно-неперервного типу вибору оптимальних проєктів зводиться до задачі лінійного програмування, яка розв'язана з використанням програмного забезпечення <i>Microsoft Excel</i>.</p> <p>Запропоновано економіко-математичну модель дискретних змінних для вибору оптимальних проєктів, яка дозволяє при обмеженнях на витрати максимізувати прибуток і рентабельність, використовуючи зовнішні інвестиції, власні кошти та кредити. Даний метод дає можливість поряд з оптимальним отримати рішення близькі до нього, що розширює діапазон прийнятих рішень.</p>

Теоретичну й методологічну основу системного аналізу становлять системний підхід та загальна теорія систем. Згідно з принципами системного аналізу та чи інша складна проблема, яка постає перед суспільством (перш за все проблема управління), має бути розглянута як щось ціле,

як система взаємодії всіх її компонентів. Для прийняття рішення при управлінні системою необхідно визначити мету її функціонування в цілому та окремих підсистем і безліч альтернатив їх досягнення, які зіставляються за певними критеріями ефективності, потім обрати найприйнятніший

1	2	3
Прогнозування	Моделі прогнозування показників ТДК: а) складна 3-х параметрична експоненціально-степенева модель ;	Модель прогнозу загального обсягу перевезень вантажів транспортом України: $Q_x = 1722x^{-0,152} e^{0,036x}$, де x – номер року, $x=0,1,2,...n$
	б) багатofакторні моделі прогнозу обсягів інвестицій за видом економічної діяльності «Діяльність транспорту та зв'язку» на основі: - поведінкової функції, неокласичної моделі економічного росту Нобелівського лауреата Р. Солоу та принципу рівноваги	Багатofакторні моделі обсягів інвестицій: $I = -0,031K + 1461,78N + 405,077i - 1274,383S + 8,784D - 25079,74$ $I = 627,6^3 - 1092,19S + 10,81D + 0,182\dot{E} + 1792,9$ $I = -0,668\dot{E} + 4289,73N - 75098,67$ i – темпи інфляції на Україні за роками, %; S – облікова ставка Національного банку України, %; D – середня заробітна плата по Україні, грн.; C – індекс споживчих цін; K – капіталоозбросність, грн. / 1 чол.; N – норма накопичення, %.
	в) моделі з використанням логістичної функції	Модель прогнозу загальної довжини автодорогі України: $y = \frac{1}{0,0053 + 0,26 * 0,665^x}$; Модель прогнозу обсягів прямих іноземних інвестицій на кінець поточного року: $y = \frac{1}{0,0004 + 0,0028 * 0,709^x}$; де x – номер року, $x=0,1,2,...n$
	г) адаптивна модель Хольта	Модель прогнозу загального обсягу перевезень вантажів транспортом України: $F_t = 0,9125Y_t + (1 - 0,9125)(F_{t-1} + S_{t-1})$; $S_t = 0,2769(F_t - F_{t-1}) + (1 - 0,2769)S_{t-1}$. де: F_t - згладжене значення прогнозованої змінної на період часу t ; S_t - згладжене значення приросту тренда на період часу t .

для даної ситуації спосіб управління. Важливим етапом системного аналізу є побудова узагальненої моделі (або низки таких моделей) системи, в якій враховані її суттєві змінні.

У результаті проведеного аналізу основних напрямів динамічного розвитку ТДК автором розроблено комплекс моделей (див. рис., табл.), який формує ядро інформаційно-аналітичної системи підтримки процесів підготовки та прийняття управлінських рішень відповідно до прийнятих за останній період часу нормативно-правових актів.

Таким чином, автором висвітлено широке коло питань, присвячених теоретико-методологічним засадам моделювання розвитку ТДК України з використанням економіко-математичних методів та сучасного програмного забезпечення.

Подальші наукові дослідження з даної проблематики будуть присвячені сценарному прогнозуванню перспектив розвитку транспортної системи в сучасних економічних умовах, теоретико-методологічним засадам розвитку ринку транспортних послуг, оцінці транзитного потенціалу України.

Thus, the author covers a wide range of issues dealing with theoretical and methodological principles of modelling of TLC using economic-mathematical methods and modern software.

Further research on this issue will be dedicated to scenario forecasting the prospects for development of the transport system under the current economic conditions, the theoretical and methodological foundations of the transport market, assessing the transit potential of Ukraine.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бакаев А. А. Экономико-математические модели планирования и проектирования транспортных систем / А. А. Бакаев. - К.: Техника, 1973. - 220 с.
2. Бакаев Л. А. Математические методы и модели исследования экономических систем: монография / Л. А. Бакаев. - К.: Логос, 2005. - 252 с.

3. Блудова Т. В. (2006) Транзитний потенціал України: формування та розвиток. - К.: НІПМБ. - 274 с.
4. Транспортні технології в системах логістики: підручник / Дмитриченко М. Ф., Левковець П. Р., Ткаченко А. М., Ігнатенко О. С., Зайончик Л. Г., Статник І. М. - К.: ІНФОРМАВТОДОР, 2007. - 676 с.
5. Кулаев Ю. Ф. Методы экономической оценки инвестиционных проектов на транспорте / Ю. Ф. Кулаев. - К.: Транспорт Украины, 2001. - 182 с.
6. Новікова А. М. Україна в системі міжнародних транспортних коридорів / А. М. Новікова. - К.: НІПМБ, 2003. - 494 с.
7. Пашенко Ю. Є. Розвиток та розміщення транспортно-дорожнього комплексу України: монографія / Ю. Є. Пашенко; за ред. С. І. Дорогунцова. - К.: Науковий світ, 2003. - 467 с.
8. Підлісний П. І. Ефективність управлінських рішень подальшого реформування приватизаційних підприємств водного транспорту України / П. І. Підлісний. - К.: Наукова думка, 2003. - 344 с.
9. Танцюра Є. В. Ефективність розвитку автотранспортного сервісу в транспортних коридорах при перевезенні вантажів у міжнародному сполученні / Є. В. Танцюра. - К.: АТЗТ «АРГО», 2003. - 200 с.
10. Шевчук Я. В. Автотранспортна інфраструктура: теорія і методи сучасних регіональних досліджень: монографія / Я. В. Шевчук. - Ужгород: Видавництво ТзОВ «Ліга-Прес», 2011. - 376 с.
11. Бережная Е. В. Математические методы моделирования экономических систем / Е. В. Бережная, В. И. Бережной. - М.: Финансы и статистика, 2001. - 368 с.
12. Брайловский Н. О. Моделирование транспортных систем / Н. О. Брайловский, Б. И. Грановский. - М.: Транспорт, 1978. - 100 с.
13. Nagurney, A. (2006), Supply Chain Network Economics: Dynamics of Prices, Flows, and Profits, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, England
14. Проблемы прогнозирования и оптимизации работы транспорта / под ред. Л. В. Канторовича, В. Н. Лившица. - М.: Наука, 1982. - 328 с.
15. Taylor M. A. and D'este, G. M. (2004), «Critical Infrastructure and Transport Network Vulnerability: Developing a Method for Diagnosis and Assessment», in Proceedings of the Second International Symposium on Transportation Network Reliability (INSTR), A. Nicholson and A. Dantas, editors, Christchurch, New Zealand, P. 96-102
16. Лопатников Л. И. Краткий экономико-математический словарь / Л. И. Лопатников. - М.: Изд-во «Наука», 1979. - 358 с.