

Oleg Lyashuk, Prof., DSc., **Oleg Tson**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Volodymyr Dzyura**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Mariia Babii**, PhD tech. sci.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine

Mykhailo Krystopchuk, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine

Serhii Lysenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Yurii Bodoriak

Research Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Ternopil, Ukraine

Research of Road Safety on Highways of Ternopil Region

The indicators of road safety on the roads of Ukraine, on the example of Ternopil region are analyzed. It is established that currently in the world road accidents are one of the main causes of death and disability, and create annual GDP losses of 1 to 3%.

It is investigated that for January - July 2021 on the street and road network of Ternopil region 1509 road accidents were registered, which is 19% more than for the same period last year (2020 - 1271 accidents). Organizational measures to improve traffic safety on the road network are proposed.

Measures to improve traffic safety on the city's road network are divided into three main areas. The first direction was to organize traffic directly on the road network, the second - in the development of public transport and giving priority to travel.

From the point of view of traffic safety, the construction of plans for coordination of traffic light facilities taking into account the movement of public transport can be an acceptable method. The third direction is the direct informational impact on drivers of vehicles.

traffic safety, road network, traffic accidents

Одержано (Received) 21.03.2022

Прорецензовано (Reviewed) 28.03.2022

Прийнято до друку (Approved) 31.03.2022

УДК 656:338

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5\(36\).1.317-327](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).1.317-327)

Д.В. Голуб, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

e-mail: dimchik529@gmail.com

Методи та підходи до моделювання ефективності цілей операцій в транспортних системах

Наведено методи та підходи до моделювання цілей операцій в транспортних системах, що дає змогу отримати не лише цілеспрямовані, але і гнучко орієнтовані рішення при виборі стратегії прогнозування їх роботи. Визначені часткові завдання ухвалення рішень для структуризації початкової інформації з використанням методу відображень. Дано класифікацію факторів за характером невизначеності, що є одним з результатів рішення завдання аналізу невизначеності. Сформульовані завдання, що дозволяють оперативно отримувати, аналізувати і обробляти інформацію. Представлено формалізовану постановку завдання формування початкової множини стратегій моделі проблемної ситуації в транспортній системі. З'ясовано, що багато компонент завдання формування початкової множини стратегій явно не задані і евристично формуються особою, що приймає рішення. З урахуванням показника надійності транспортних систем визначено основні напрямки вирішення проблеми задоволення суперечливих вимог до множини початкових стратегій. Узагальнено сукупність ознак, що можуть бути покладені в основу класифікації завдань ухвалення рішень в транспортній системі за ознакою міри визначеності інформації про проблемну ситуацію.

транспортна система, модель, операція, стратегія, прогнозування, аналіз, завдання, ефективність, адаптивність

© Д.В. Голуб, 2022

Постановка проблеми. Для розв'язання проблеми, яка стоїть перед особою, що приймає рішення (ОПР), є необхідність її представлення у вигляді одного або декількох завдань [1]. При цьому перехідним етапом є проблемна ситуація, в ході якого вербальну мету розбивають на підцілі і встановлюють загальні обмеження [2].

Завдання, що ставляться можуть бути розв'язані різними способами, що утворюють множину стратегій, кожен з яких вважають чистою, якщо на її реалізацію витрачені усі можливі засоби [1, 3, 4]. Можливе ділення таких засобів в певних пропорціях між стратегіями, що входять у множину допустимих альтернативних рішень, які забезпечують різний рівень розв'язання поставлених завдань. Це означає, що при знаходженні рішень необхідне використання не тільки вказаної, але ще й додаткової інформації про переваги ОПР, а також її відношення до ризику з урахуванням невизначеності умов виконання операції та інтересів інших її суб'єктів.

Інформація щодо переваг і уявлень ОПР про «кращий» та «гірший» варіанти на множині цілей, умов, завдань, способів та результатів операцій може носити якісний або кількісний характер. Інформацію про відносну важливість показників ОПР можна віднести до якісної, якщо припускається, що збільшення одних показників вносить більш суттєвий вклад в досягнення мети операції у порівнянні зі зміною інших. До кількісної інформації можна віднести таку інформацію, на основі якої ОПР може здійснити оцінку зміни одного показника компенсацією зміни інших [5]. Або іншими словами ступінь важливості одного показника за іншого.

У загальному випадку результат операцій у транспортних системах є невизначеним, що викликано невизначеністю умов здійснення операції і дією чинників різноманітної природи [6, 7]. Отримання значень характерних показників конкретного результату операції, пов'язане з розв'язанням завдання моделювання операцій. Зазначене підтверджує необхідність розробки етапів дослідження ефективності виконання операцій в транспортних системах, процес отримання результатів якого, пов'язаний з формуванням її моделі і отриманням оцінок ефективності за результатами такого моделювання.

Модель проблемної ситуації в транспортних системах будується для охоплення проблематики розробки рішень в загалом, представлення її основних елементів, що формують отримання остаточного рішення щодо стратегії проведення такої операції та відображення взаємозв'язків основних елементів процесу розробки рішень і послідовності формування часткових завдань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Міру відповідності дійсного результату операцій у транспортних системах бажаному забезпечує показник ефективності $W(u)$ реалізації операції, залежний від стратегії u [8]. Його можна визначити на множині допустимих стратегій U : $u \in U$.

Дану залежність у загальному вигляді задають на основі відображення допустимих стратегій U за множиною значень показника ефективності W : $\Psi: U \rightarrow W$, при тому, що звичайне відображення T представляють у формі математичної моделі операцій [2].

Основною вимогою вибору показника ефективності є його відповідність меті операцій A_0 , які відображаються в бажаному результаті Y^{nb} . А отже даний показник повинен враховувати наступні вимоги: змістовність різної природи (фізичної, економічної та ін.); інтерпретуватися або мати пояснення математичних результатів і залежностей, що отримані у відповідності даних конкретних областей; вимірність; відповідність системі переваг ОПР [9].

Більш детальний розгляд даних вимог говорить, що показник ефективності можливо вимірювати в метричній і порядковій шкалах. Представлення відповідності

результатів операції, а саме реального результату Y до необхідного $Y^{нб}$ потребує формального введення певної числової функції - функції відповідності за множиною результатів операції:

$$p = p[Y(u), Y^{нб}] \quad (1)$$

За деякою шкалою дана функція може показувати міру реалізації необхідної мети операції, а її конкретний вид - залежати від мети операції, конкретного напрямку дослідження та інших чинників [10]. Оскільки $Y(u)$ може прийматися як випадкова змінна то функція відповідності може також приймати випадковий характер, тобто бути представлена як числова функція випадкового аргументу [11].

На основі моделі проблемної ситуації (1) можуть бути отримані різні постановки часткових завдань ухвалення рішень. Кожне таке завдання в математичних термінах узагальненого рівня може бути представлено у вигляді логічного висловлювання типу: (дано; визначити). В цьому випадку символ «;» розділяє дві сторони проблеми - те, що відомо, і те, що вимагається знайти.

Для етапу постановки завдання характерні наступні часткові завдання ухвалення рішень: структуризація початкової інформації, аналіз невизначеності формування початкової множини стратегій, моделювання результатів операції, моделювання цілей операції, моделювання переваг [12].

Постановка завдання. Метою даної роботи є розробка методів та підходів до моделювання ефективності цілей операцій в транспортних системах для отримання цілеспрямованих і гнучко орієнтованих рішень при виборі стратегії прогнозування їх роботи.

Виклад основного матеріалу. Оскільки проблемний аналіз являє структуризацію початкової інформації про проблему, то формально можна сформулювати наступне завдання:

$$\langle \theta; \theta_{A_0}, \theta_U, \theta_A, \theta_P = \{ \theta_{P_G}, \theta_{P_Y}, \theta_{P_U}, \theta_{P_A}, \theta_{P_K} \} \rangle, \quad (2)$$

де θ – решта інформації про проблемну ситуацію;

θ_{A_0} – інформація про ціль операції A_0 ;

θ_U – інформація про множину U ;

θ_A – інформація про множину A ;

θ_P – частина загальної інформації про проблему, що стосується переваг особи, що приймає рішення на множині;

θ_{P_G} – можливі результати G операції і відмінності їх по перевазі відносно мети A_0 операції;

θ_{P_Y} – істотні характеристики Y результату $g \in G$;

θ_{P_U} – можливі способи (стратегій) U досягнення мети операцій;

θ_{P_A} – A умов проведення операцій;

θ_{P_K} – концепції (гіпотези) раціональної поведінки системи для визначення надалі критерію ефективності.

Це завдання вирішується тільки евристичними методами. Класифікація факторів за характером невизначеності являється одним з результатів рішення завдання аналізу невизначеності виду:

$$\langle \theta_{A_0}, \theta_A, A \rangle, \quad (3)$$

де A – множина невизначених факторів.

Рішення завдання вимагає залучення і аналіз інформації, що отримується на основі: сили аналогій; історичного досвіду або еволюції розвитку; бази експериментальних і статистичних даних; результатів проведених експертиз та аудиту.

Зазначимо, що ці завдання можливо успішно реалізувати, якщо будуть створені потужні бази даних і бази знань, що дозволить оперативно отримувати, аналізувати і обробляти інформацію, яка стосується:

- природи невизначених чинників;
- діапазонів зміни невизначених чинників; апіорного розподілу ймовірностей на діапазонах зміни чинників;
- психологічних особливостей ухвалення рішень іншими суб'єктами досліджуваної транспортної системи;
- типів взаємодій між суб'єктами досліджуваної транспортної системи (нейтральна поведінка, сприяння, протидія) та ін.

До найважливіших завдань типу (3) відносяться завдання математичної статистики, що стосуються параметричного і непараметричного оцінювання, ідентифікації, кластеризації та прогнозування [3].

Клас вживаних методів рішення цих завдань є достатньо широким і добре розробленим. За існуючими оцінками тільки методів прогнозу налічується понад 150. До основних з них відносяться: морфологічний, кореляційний, регресійний, факторний та спектральний аналізи; апарат ланцюгів Маркова; методи групового урахування аргументів та розпізнавання образів та ін.

Формалізована постановка завдання формування початкової множини стратегій моделі проблемної ситуації виглядає таким чином:

$$\langle \theta_{A_0}, \theta_U, \theta_A, \theta_p, A, U \rangle. \quad (4)$$

З одного боку, множина альтернатив цілей операції U між бажаним результатом (цілі операції) і умовами реалізації, має бути по можливості ширшою. Це забезпечить надалі свободу вибору рішень ОПР і зведе до мінімуму можливість упустити оптимальне рішення $u^{opt} \in U$.

З іншого боку, початкова множина стратегій (цілей) U має бути осяжною і, досить вузькою, що дозволить ОПР надалі провести верифікацію альтернатив наявних в його розпорядженні моделі при обмеженнях на ресурси.

Верифікація являє собою перевірку, спосіб підтвердження яких-небудь теоретичних положень, алгоритмів, програм і процедур шляхом їх зіставлення з дослідними (еталонними або емпіричними) даними, алгоритмами і програмами). Верифікувати відповідність кінцевого продукту (транспортної послуги) зумовленим вимогам можливо, залежно від ситуації, по прямим і непрямым його характеристиках.

Багато компонент завдання формування початкової множини стратегій (цілей) явно не задані і евристично формуються ОПР. Проблема задоволення суперечливих вимог до множини початкових стратегій (цілей) U повинна вирішуватися по наступних основних напрямках, які диктуються показником надійності P_u транспортних систем.

Розглянемо більш детально ці напрями.

1. При вирішенні питання про включення тієї або іншої альтернативи стратегій (цілей) u у множину U слід орієнтуватися на цілі операцій, щоб отримати відповідь на питання: чи забезпечує цей варіант дій $u \in U$ досягнення бажаного результату в умовах Λ .

Цей етап дозволяє ОПР відсікти частину потенційної множини альтернатив (цілей) через їх очевидну непридатність з точки зору досягнення цілі операції. Відображається здатність ОПР побачити серед множини можливих цілей (якщо мета не задана екзогенно, ззовні) головну, а також передбачається можливі цілі на майбутнє.

Сформовану таким чином множину U_{A_0} можна назвати цільовою.

2. Серед усіх альтернативних рішень великої кількості множини U_{A_0} потрібне на підставі інформації θ_U виділити підмножину U_ϕ стратегій, що фізично реалізуються і відповідають вимозі: чи може бути ця альтернатива (цілі) $u \in U_{A_0}$ реалізована зараз або буде задане проведення операцій?

Вирішення цього питання пов'язане з рівнем загальнотеоретичних і методологічних розробок, з прогнозом розвитку транспортних систем.

Крім того, у множині цілей U_ϕ включаються тільки ті альтернативні цілі, які задовольняють обмеженням за витратами, якісно оцінюваним ОПР і експертами. Причому, ці витрати включають також засоби, що виділяються на додаткові дослідження, що забезпечують готовність альтернативних рішень до заданого терміну початку операції.

3. Множина цільових стратегій $U_\phi \subseteq U_{A_0}$, що фізично реалізуються, має бути перевірена на недомінуємість по повноті охоплення факторів, на Λ – інформацію θ_Λ .

Це означає, що при цьому ОПР повинне відповісти на питання:

- чи є серед множини U_ϕ такі стратегії U_A , які забезпечують свободу вибору рішень в ході операції?

- чи є ці стратегії гнучкими по відношенню до невизначеностей природного і поведінкового характеру, що змінюються?

Для подальшого розгляду залишаються лише ті стратегії $U_a \subseteq U_\phi$, які забезпечують: можливість ефективного коригування початкового наміченого плану операції при зміні умов її проведення; стратегії, інваріантні до умов.

Перше означає, що ризики або втрати, пов'язані з коригуванням плану в ході операції, будуть мінімальними. Друге - вибір стратегій на основі прогнозу поведінки інших суб'єктів операцій забезпечить вигідний хід реалізації операцій.

Процедура виділення початкової множини стратегій $U=U_a$ має циклічний характер, що припускає повернення до попереднього на більш високому рівні у разі виявлення протиріч на одному з приведених етапів. У рамках даних моделей проблемної ситуації формальний запис завдання моделювання результатів операції через побудову відображення H має вигляд:

$$\langle \theta_{A_0}, U, \Lambda, \theta_H, \rho_G, \rho_Y; Y, \{H_i\} \rangle, \quad (5)$$

де Y або $Y(G)$ – ознаки вихідних результатів;

G – вихідні результати;

$\{H_i\}$ – множина моделей, кожна з яких відображає моделі

$$H : U \cdot \Lambda \xrightarrow{\theta} Y(G). H : U \cdot \Lambda$$

Зазначимо, що в загальному випадку, розглядається не одна модель H_i , а багаторівнева їх ієрархія $\{H_i\}$, визначаються особливості схеми дослідження ефективності. При цьому опис більш високого рівня залежить від узагальнених і факторизованих змінних нижчого рівня.

Такий підхід при вирішенні завдань моделювання результатів (цілей) операцій дозволяє: структурувати процес моделювання операцій в цілому; істотно полегшити оцінювання ефективності операцій; виявити найбільш значимі фактори, що визначають ефективність операцій.

Зазначена методологія вирішення завдання моделювання у вигляді відображення (5) пред'являє цілком певні вимоги до моделей, використовуваних на різних рівнях ієрархії дослідження. Необхідна чітка формалізація цілей операцій для змістовності досліджень і отримання деяких кількісних оцінок щодо прийняття рішень. Формалізація цілей операцій, дослідження її ефективності змушує до використання кількісних шкал. Базування формалізації цілей операцій на концепції зовнішнього доповнення є необхідною умовою отримання обґрунтованого рішення.

Цілі і завдання операцій є гомоморфними і відображаються системою показників їх досягнення. Гомоморфізм є відображенням основної множини однієї системи на основну множину іншої, що зберігає основні операції і предикати (твердження). При цьому система «показник ефективності - критерій» утворює модель цілей операцій (рис. 1).

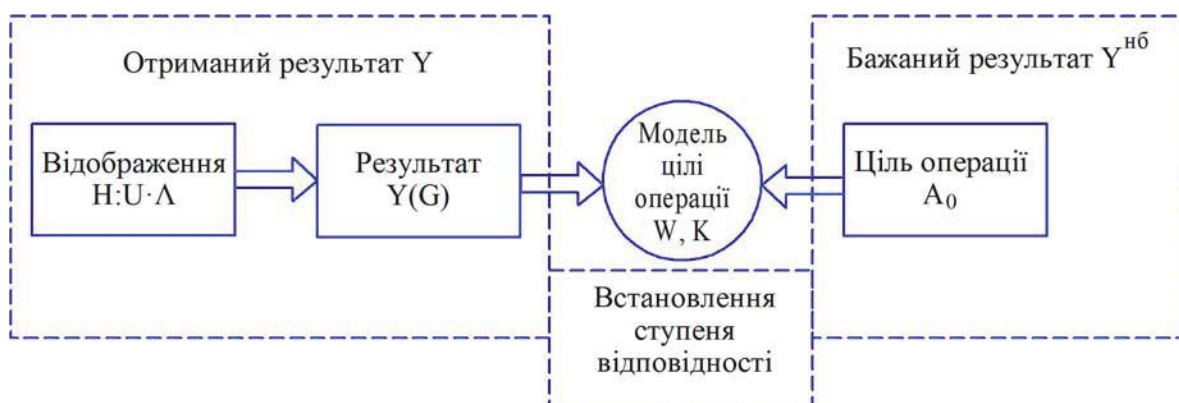


Рисунок 1 – Схематичне відображення моделі цілей операцій

Джерело: розроблено автором

Завдання моделювання цілей операцій формально описується відображенням:

$$\langle \theta_{A_0}, U, A, Y^{nb}, Y(G), \rho_W, \rho_K; W, K \rangle. \quad (6)$$

В деяких випадках ціль A_0 операцій задається вищестоящим органом у вигляді параметрів мети Y^{nb} . Ця обставина відображає множину (6) регулюванням Y^{nb} , що стоїть в лівій частині - «Дано». У загальному випадку параметри цілей є результатом вирішення завдання, подані у вигляді відображення:

$$\langle \theta_{A_0}, U, A, \rho_W; G, Y^{nb} \rangle. \quad (7)$$

Ціль операцій накладає цілком визначений відбиток на вигляд показника ефективності і на сам критерій або на принцип його вибору.

Числова функція, визначена на множині стратегій U , характеризує міру досягнення цілі A_0 операції і може розглядатися в якості показника ефективності лише при дотриманні певних вимог: відповідність цілі змістовність і інтерпретованість; вимірюваність; мінімальність числа використовуваних часткових показників; повнота.

ОПР, знаючи значення показника в тій або іншій ситуації, повністю уявляє собі, в якому ступені досягається ціль операції. Сам показник ефективності або його компоненти мають бути зрозумілі ОПР і мати чіткий фізичний зміст. Показники ефективності можна піддавати певним математичним перетворенням, що допускаються типом його шкали. Людина може досить легко оперувати з одним - трьома показниками без використання машинних методів обробки. Залежно від міри підготовленості ОПР верхня межа розмірності векторного показника визначається

величиною 7 ± 2 ; при цьому із зростанням числа показників збільшується час аналізу отримуваних результатів. Векторний показник ефективності повинен містити таку кількість часткових показників, яка дозволяла б враховувати усі визначальні ознаки Y , операції, що адекватно відображають результат. Аналіз зазначених вимог свідчить, що вони є суперечливими, і не можуть задовольнити усім вимогам відразу.

ОПР за значенням показника повинен повністю уявляти собі міру досягнення цілі та її відповідність. Це призводить до необхідності задоволення вимоги повноти, яка суперечить вимозі мінімальності. Вимога змістовності і інтерпретації входить в протиріччя з вимогою вимірності, оскільки показники ефективності можуть не мати адекватної фізичної шкали: оцінка естетичності, ергономічності, новизни і т. п. і їх доводиться описувати суб'єктивними оцінками.

Якщо операція проводиться в умовах істотної невизначеності (цільової, природної і поведінкової), то в якості критеріїв краще використати підхід до формування критеріїв, який заснований на концепції адаптації.

Цей підхід припускає прогнозування можливих умов A і способів U на основі не лише апіорної (статичної) інформації, а також і поточній динамічній та прогнозній (віртуальній) інформації. Використовуючи таку інформацію і застосовуючи принцип оптимальності на результуючій стадії операції, можна отримати не лише цілеспрямовані, але і гнучко орієнтовані рішення.

Символічно математичне формулювання критерію адаптивності при виборі рішень має вигляд:

$$u^{opt}(t, \tau): \sup_{u(t) \in U(t, \tau)} W'(u, t, \tau), \quad (8)$$

де u, U – зміст елемента множини стратегій управління рішеннями;

t – час;

T – попередження прогнозу;

$\sup$ – точна верхня межа великої кількості стратегій управління.

Функція ефективності $W'(u, t, \tau)$ свідчить, що цілі операції, а отже показники і критерії, можуть змінюватися в часі. Сам показник формується як деяке усереднювання по факторам $\lambda \in \Lambda_j$.

Використання критерію (8) дозволяє вибирати позитивну стратегію $u^{opt}(t, \tau)$ з точністю до помилок прогнозування на період прогнозу τ . Ця стратегія забезпечує найбільше значення функції ефективності W' на вибраній множині допустимих стратегій $U(t, \tau)$, яка формується до цього моменту часу t .

Дослідження свідчать, що принцип ухвалення рішень на основі концепції адаптивизації виявляється найбільш складним по рівню розробки управлінських дій, але в той же час й найбільш досконалим.

При рішенні усіх зазначених вище завдань перед ОПР стоїть проблема вибору об'єктів, що підлягають подальшому розгляду, з множини наявних. Здійснюючи такий вибір, ОПР керується своєю системою переваг. Система переваг може бути виявлена і виміряна в ході контрольного пред'явлення ОПР об'єктів з представленої сукупності. На цій основі будується модель переваг.

Спеціальні методи моделювання переваг ОПР використовують формальні і неформальні процедури. При цьому узагальнено постановка завдання моделювання переваг формально записується у вигляді відображення:

$$\langle D, \theta; P_D \rangle, \quad (9)$$

де $D = \{U, \Lambda, Y, G, W, K\}$ – множина варіантів початкових даних завдання.

Завдання (9) потрібно розуміти наступним чином: на основі наявної інформації і результатів контрольного пред'явлення об'єктів, що входять в підмножину множини D , слід виявити систему переваг P_D ОПР.

Побудова моделі P_D може бути здійснена за допомогою отримуваної від ЛПР спеціальної додаткової інформації, яка є інформацією $\Omega \subset \theta$ про переваги. Прикладами такої інформації є: незалежність часткових показників по перевазі; адитивна незалежність показників; якісна інформація про їх відносну важливість; коефіцієнти важливості та ін.

У основу класифікації завдань ухвалення рішень в транспортній системі можуть бути покладена різна сукупність ознак. Проте практика дослідження ефективності функціонування транспортних систем, що склалася, показує, що найбільш узагальненими і істотними ознаками класифікації є: число осіб, що приймають рішення; вид показника ефективності; міра визначеності інформації про проблемну ситуацію; залежність елементів моделі проблемної ситуації від часу.

За ознакою числа ОПР розрізняють завдання індивідуального і групового ухвалення рішень. Індивідуальні рішення приймаються однією особою, а групові - колективним органом (групою осіб). При груповому виборі рішень визначальну роль відіграє завдання узгодження індивідуальних переваг членів групи. Головним тут є об'єднання переваг окремих осіб в єдину думку (групова перевага).

Залежно від виду використовуваного показника ефективності завдання ухвалення рішень поділяються на завдання із скалярним і векторним показниками ефективності і відповідно скалярними і векторними завданнями ухвалення рішень.

За ознакою міри визначеності інформації про проблемну ситуацію розрізняють завдання ухвалення рішень в умовах визначеності і невизначеності. Завдання ухвалення рішень в умовах визначеності (детерміновані завдання) характеризуються наявністю повної і достовірної інформації про проблемну ситуацію, цілі, обмеження і наслідки рішень, що приймаються. У цих завданнях відносно кожної стратегії $u \in U$ заздалегідь, до проведення операції, відомо, що вона незмінно приводить до деякого конкретного результату. Завдання ухвалення рішень в умовах невизначеності поділяються у свою чергу на завдання в умовах стохастичної і нестохастичної невизначеності, а останні – на завдання ухвалення рішень в умовах природної і поведінкової невизначеності.

За способом опису невизначеностей нестохастичного характеру розрізняють завдання ухвалення рішень в чіткій і нечіткій постановці. Характерна особливість усіх завдань ухвалення рішень в умовах невизначеності полягає в тому, що результат операції залежить окрім стратегій оперуючої сторони і фіксованих чинників також від невизначених чинників, не підвладних оперуючій стороні і не відомих їй у момент ухвалення рішення(чи відомих з недостатньою точністю). В результаті впливу невизначених чинників кожна стратегія $u \in U$ виявляється пов'язаною з множиною можливих результатів операцій, що істотно ускладнює процес розробки рішень.

За ознакою залежності елементів моделі проблемної ситуації від часу розрізняють статичні і динамічні завдання ухвалення рішень. Динамічні завдання значно складніші за статичні, оскільки деякі елементи динамічних завдань ухвалення рішень залежать від функцій часу, динамічних об'єктів, що описують поведінку і беруть участь в операціях.

Класифікація завдань ухвалення рішень за перерахованими ознаками призводить до різних комбінацій типів завдань. Деякі завдання можуть бути класифіковані як

статичні векторне завдання групового ухвалення рішень в умовах визначеності. Можливі і інші комбінації.

Для вирішення різних типів завдань розроблені певні методи, основні з яких приведені в таблиці 1. Завдання, що не увійшли до таблиці, можуть бути вирішені приведеними в ній методами із залученням спеціальних прийомів.

Таблиця 1 – Методи розв'язку основних класів завдань

Множини факторів (критерії)	Методи визначення показника ефективності	
	Скалярний	Векторний
Визначені, Λ_F	Методи математичного програмування	Методи прийняття рішень в умовах визначеності
Випадкові, Λ_E	Методи стохастичного програмування	Методи прийняття рішень в умовах стохастичної невизначеності
Поведінкової невизначеності, Λ_J^B	Методи розв'язку матричних ігор	Методи розв'язку біматричних ігор з суворим і не суворим суперництвом
Змістовної невизначеності, Λ_J^N	Методи розв'язку ігор з "природою"	

Джерело: розроблено автором

Висновки.

1. Наведено формалізовану постановку завдання формування початкової множини стратегій моделі проблемної ситуації в транспортній системі методом відображень і методів її вирішення.

2. Визначено основні напрямки вирішення проблеми задоволення суперечливих вимог до множини початкових стратегій з урахуванням надійності та ефективності транспортних систем.

3. Дано математичне формулювання критерію адаптивності при виборі рішень.

4. Узагальнено сукупність ознак, що можуть бути покладені в основу класифікації завдань ухвалення рішень в транспортній системі.

Список літератури

1. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В.; під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. Кропивницький: ТОВ "КОД", 2017. 370 с.
2. Побудова моделі проблемної ситуації в транспортних системах / Аулін В.В., Голуб Д.В., Біліченко В.В., Замуренко А.С. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2021. №2(14). С. 4-9.
3. Основы теории систем и системного анализа: учеб. пособ. / Бурименко Ю.И., Галан Л.В., Лебедева И.Ю., Щуровская А.Ю. Одесса: ОНАС им. А.С. Попова, 2015. 136 с.
4. Бочаров Д.И., Кравченя И.Н. Применение методов математического моделирования при решении производственных задач. Гомель: БелГУТ, 2009. 191 с.
5. Аулін В.В., Голуб Д.В. Реалізація фізико-інформаційного підходу дослідження проблеми підвищення надійності та ефективності функціонування транспортних систем. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2018. Вип. 81. С. 3-10.
6. Дзюбан І. Ю., Жиров О. Л., Охріменко О. Г. Методи дослідження операцій. Київ: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2005. 108 с.
7. Кунда Н.Т. Дослідження операцій у транспортних системах. Київ: Слово, 2008. 400 с.
8. Флейшман Б.С. Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем. Изд. 2-е перераб. Смоленск: Изд-во «Ойкумена», 2008. 228 с.

9. Wanghong Lia, Wade D. Cooka, Zhepeng Lia and Joe Zhu Efficiency measurement for hierarchical situations. *Journal of the operational research society*. 2019. Vol. 72 (3). P. 654 - 662.
10. Формування показників оцінки ефективності транспортного процесу перевезень. /Аулін В.В., Голуб Д.В., Біліченко В.В., Замуренко А.С. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2020. №1(11). С.5-10.
11. Дивак М.П., Порплиця Н.П., Дивак Т.М. Ідентифікація дискретних моделей динамічних систем з інтервальними даними: монографія. Тернопіль: ВПЦ «Економічна думка ТНЕУ», 2018. 220 с.
12. Методологія підходів до дослідження шляхів і сукупності факторів забезпечення належного рівня ефективності і надійності транспортних систем / Аулін В.В., Голуб Д.В., Біліченко В.В., Великодний Д.О. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2017. №2. С. 4-14.

References

1. Aulin, V.V., Golub, D.V., Grinkiv, A.V. & Lisenko, S.V. (2017). Metodologichni i teoretichni osnovi zabezpechennya ta pidvishennya nadijnosti funkcionuvannya avtomobilnih transportnih sistem [Methodological and theoretical bases of maintenance and increase of reliability of functioning of automobile transport systems] . V.V. Aulin (Eds.). Kropivnickij: Vidavnictvo TOV "KOD" [in Ukrainian].
2. Aulin, V.V., Golub, D.V., Bilichenko, V.V. & Zamurenko, A.S. (2021). Pobudova modeli problemnoyi situaciyi v transportnih sistemah [Building a model of the problem situation in transport systems]. *Visnik mashinobuduvannya ta transport – Herald of mechanical engineering and transport*, 2(14), 4-9 [in Ukrainian].
3. Burimenko, Ju.I., Galan, L.V., Lebedeva, I.Ju. & Shhurovskaja, A.Ju. (2015). *Osnovy teorii sistem i sistemnogo analiza* [Fundamentals of systems theory and systems analysis] . Odessa: ONAS im. A.S. Popova [in Russian].
4. Bocharov, D.I. & Kravchenya, I.N. (2009). *Primenenie metodov matematicheskogo modelirovaniya pri reshenii proizvodstvennyh zadach* [Application of methods of mathematical modeling in solving production problems]. Gomel: BelGUT [in Russian].
5. Aulin, V.V. & Holub, D.V. (2018). Realizatsiia fizyko-informatsijnoho pidkhodu doslidzhennia problemy pidvyschennia nadijnosti ta efektyvnosti funktsionuvannya transportnykh system [Implementation of a physical-information approach to the study of the problem of improving the reliability and efficiency of transport systems] . *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho avtomobil'no-dorozhnoho universytetu – Bulletin of Kharkiv National Automobile and Road University*, Vol. 81, 3-10 [in Ukrainian].
6. Dzyuban, I. YU., Zhirov, O. L. & Ohrimenko, O. G. (2005). *Metodi doslidzhennya operacij* [Operations research methods]. Kiyiv: IVC «Vidavnictvo «Politehnika»» [in Ukrainian].
7. Kunda, N.T. (2008). *Doslidzhennya operacij u transportnih sistemah* [Research of operations in transport systems]. Kiyiv: Slovo [in Ukrainian].
8. Flejshman, B.S. (2008). *Jelementy teorii potencial'noj jeffektivnosti slozhnyh sistem. Izdanie vtoroe pererabotannoe* [Elements of the theory of potential efficiency of complex systems]. Smolensk: Izd-vo «Ojkumena» [in Russian].
9. Wanghong Lia, Wade D. Cooka & Zhepeng Lia and Joe Zhu (2019). Efficiency measurement for hierarchical situations. *Journal of the operational research society*, Vol. 72 (3), 654 - 662 [in English].
10. Aulin, V.V., Holub, D.V., Bilichenko, V.V. & Zamurenko, A.S. (2020). Formuvannya pokaznykiv otsinky efektyvnosti transportnoho protsesu perevezen [Formation of indicators for assessing the efficiency of the transport process]. *Visnyk mashynobuduvannya ta transport – Herald of mechanical engineering and transport*, 1(11), 5-10 [in Ukrainian].
11. Divak, M.P., Porplicitya, N.P. & Divak, T.M. (2018). *Identifikaciya diskretnih modelej dinamichnih sistem z intervalnimi danimi* [Identification of discrete models of dynamic systems with interval data]. Ternopil: VPC «Ekonomiczna dumka TNEU» [in Ukrainian].
12. Aulin, V.V., Holub, D.V., Bilichenko, V.V. & Velykodnyj, D.O. (2017). Metodolohiia pidkhodiv do doslidzhennia shliakhiv i sukupnosti faktoriv zabezpechennia nalezhnoho rivnia efektyvnosti i nadijnosti transportnykh system [Methodology of coming to the end of the road and success factors in securing the proper level of efficiency and reliability of transport systems]. *Visnyk mashynobuduvannya ta transportu – Herald of mechanical engineering and transport*, 2, 4-14 [in Ukrainian].

Dmytro Holub, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Methods and Approaches to Modeling the Effectiveness of Operational Objectives in Transport Systems

Methods and approaches to modeling the goals of operations in transport systems are given, which allows to obtain not only purposeful, but also flexibly oriented solutions when choosing a strategy for forecasting their work. Partial decision-making tasks for structuring the initial information using the mapping method are defined. The classification of factors by the nature of uncertainty is given, which is one of the results of solving the problem of uncertainty analysis. Tasks are formulated that allow to quickly receive, analyze and process information.

A formalized formulation of the problem of forming the initial set of strategies for modeling the problem situation in the transport system is presented. It was found that on the one hand, the set of alternatives between the desired result and the conditions of its implementation should be as wide as possible, which will ensure freedom of choice of the decision-maker and minimize the possibility of missing the optimal decision. It is determined that the initial set of strategies should be comprehensive and, therefore, quite narrow, which will allow the decision-maker to verify the alternatives on the available models with resource constraints.

It was found that many components of the task of forming the initial set of strategies are clearly not set and are heuristically formed by the decision maker. Taking into account the indicator of reliability of transport systems, the main directions of solving the problem of satisfying conflicting requirements for many initial strategies are identified.

It is found that the need, in the general case, to consider not one model, but their multilevel hierarchy is determined by the peculiarity of the efficiency study scheme, in which the description of the higher level depends on generalized and factorized lower level variables. The mathematical formula of the criterion of adaptability in the choice of solutions is given.

The set of features that can be used as a basis for the classification of decision-making tasks in the transport system on the basis of the degree of certainty of information about the problem situation is generalized. **transport system, model, operation, strategy, forecasting, analysis, tasks, efficiency, adaptability**

Одержано (Received) 16.02.2022

Прорецензовано (Reviewed) 25.02.2022

Прийнято до друку (Approved) 31.03.2022