

УДК 656.222: 656.081

БУТЬКО Т. В., д.т.н., професор,
ПРОХОРЧЕНКО А. В., к.т.н., асистент (УкрДАЗТ),
МУЗИКІНА С. І., ст.викладач (ДНУЗТ)

Формування моделі оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами в підсистемі “технічна станція – прилегла дільниця” на базі нечіткої ситуаційної мережі

Вступ і актуальність теми

Одним із найбільш складних етапів в організації вантажних перевезень на залізничному транспорті є процес оперативного планування пропуску вагонів, що завантажені вибухонебезпечними, хімічними, радіоактивними, легкозаймистими речовинами. Аналіз причин виникнення транспортних подій за участю вагонів з такими речовинами свідчить про наявність залежності зростання ризиків від збільшення кількості операцій з такими вагонами на станції, вибором варіанту проходження їх по дільницях з інтенсивним рухом, у складі поїздів, графік яких передбачає значну кількість зупинок для здійснення обгонів, схрещення і т.п. Від рівня оперативного управління залежить безаварійність процесу перевезення небезпечних вантажів у вагонах та ефективність реалізації якості заявлених послуг залізничним транспортом [1, 2]. Враховуючи вище викладене актуальним є питанням теоретичного обґрунтування організації і управління процесом перевезення небезпечних вантажів на мережі залізниць шляхом інтелектуальної підтримки планування на оперативному рівні, що забезпечує зменшення можливих ризиків.

Постановка задачі дослідження

Дослідження процесів прийняття оперативних рішень щодо управління перевезень небезпечних вантажів довели, що задачі вибору технологічного ланцюгу обробки вагонів з такими вантажами характеризуються високим рівнем відповідальності диспетчерського персоналу, складним взаємопов'язаним та змінним в часі процесом планування роботи станції, невизначеністю інформації на основі

якої приймаються рішення. Враховуючи відмічені особливості, процес оперативного управління просуванням вагонів з небезпечними вантажами повинен бути досконало підготовлений. Одним із важливих заходів є розробка сценаріїв виконання плану обробки вагонів на станції та пропуску поїздів з такими вагонами на дільниці в межах оперативного планування на 3-4 години.

Вирішення задачі

Для рішення поставленої задачі в роботі запропоновано використати підхід на основі побудови ситуаційної моделі, в якій об'єктом управління є вагони або група вагонів з небезпечними вантажами, що знаходяться на станції або в складі поїзда на дільниці. Тоді як, стан об'єкта з точки зору його рівня безпеки (захисту) і тривалості знаходження в стадіях технологічного процесу обробки, представлено у вигляді нечіткої ситуації [3], що є нечіткою множиною другого рівня

$$\tilde{s} = \{ \langle \mu_s(y_i) / y_i \rangle \}, \quad y_i \in Y, \quad (1)$$

де $\mu_s(y_i) = \{ \langle \mu_{\mu_s(y_i)}(T_j^i) / T_j^i \rangle \}$,
 $j = \overline{1, m}, i = \overline{1, p}$, $Y = \{y_1, y_2, y_i, \dots, y_p\}$ –

множина ознак, значеннями яких описується стан об'єкта управління в деякий момент часу;
 $T_i = \{T_1^i, T_2^i, T_j^i, \dots, T_m^i\}$ – терм множина лінгвістичної змінної.

Для опису стану вагонів з небезпечними вантажами на станції та дільниці запропоновано використати дві ознаки, що представлені як лінгвістичні змінні [4,

5] \langle "рівень небезпеки", T_1, D_1 \rangle та \langle "тривалість знаходження вагонів на станції (дільниці)", T_2, D_2 \rangle , де $T_1 = \{ \text{малий, середній, високий} \}$, $T_2 = \{ \text{незначна, нормативна, критична} \}$; D_p – базова множина ознаки u_p , ($p = \overline{1, 2}$).

Для формалізації процесу управління в роботі сформовано нечітку ситуаційну мережу, яка представляє собою нечіткий орієнтований граф $\tilde{G} = (\tilde{S}, R)$, рис.1. Вершини відповідають еталонним нечітким ситуаціям \tilde{S}_i ($i \in I$), дуги зваженим управляючим рішенням $R = \{R_1, R_2, R_k, \dots, R_f\}$, що необхідні для моделювання переходів об'єкта із ситуації у ситуацію. Відповідно до рисунку 1 вершини графу нечіткої ситуаційної мережі відповідають наступним нечітким ситуаціям: \tilde{S}_1 – прибуття вагонів на колію станції; \tilde{S}_2 – проведення технічного та комерційного огляду вагонів; \tilde{S}_3 – закінчення розформування; \tilde{S}_4 – закінчення накопичення першого состава; \tilde{S}_5 – закінчення накопичення другого состава; \tilde{S}_6 – закінчення накопичення третього состава; $\tilde{S}_7, \tilde{S}_8, \tilde{S}_9$ – закінчення формування составів; \tilde{S}_{10} – прибуття вагонів на колію наступної технічної станції за маршрутом; \tilde{S}_{11} – вагон на колії парку після виключення із состава; \tilde{S}_{12} – вагон на витяжці для усунення надзвичайних ситуацій (витікання вантажу); \tilde{S}_{13} – закінчення усунення наслідків транспортної події; \tilde{S}_{14} – знаходження на коліях вагонного депо (ВЧД).

Управляючі рішення для вагонів з небезпечними вантажами описують дії щодо переведення вагона із однієї стадії обробки в іншу, та характеризуються тривалістю здійснення переходу із одного стану в інший. Приймаючи до уваги, що на кожній стадії обробки вагона можливий варіант прискорення виконання

операції за рахунок переведення бригад оглядачів або надання додаткового маневрового локомотива для здійснення маневрів запропоновано використати поняття "прискорений режим" здійснення операції. За таких умов управляюче рішення R_k можна записати у вигляді лінгвістичної змінної з терм множинною $F_k = \{ \text{нормативний режим, прискорений режим} \}$, що описуються функціями приналежності трикутної форми на базовій шкалі яка відповідає інтервалам часу на виконання управляючої дії. Таким чином, можливе досягнення так званого "рівноважного" стану системи якому притаманна процедура вибору між часом перебування вагону на станції або дільниці та ступенем небезпеки цієї системи.

Управляючі рішення, що застосовуються при знаходженні вагонів в складі поїзда на дільниці повинні бути описані лінгвістичною змінною з відповідною терм множиною $F_f = \{ \text{слідування за графіком, надання пріоритету} \}$. Кожному j -му терму управляючих рішень ставиться у відповідність матриця відношень M_j^i ($m \times m$), що описує вплив управляючого рішення R_j^i на ознаку u_p . Нове нечітке значення ознаки, яке задає нову нечітку ситуацію \tilde{S} визначається за виразом [4]

$$\mu_{u_p'}(y) = \min\{\max[\mu_{u_p}(x), \mu_{M_j^i}(x, y)]\} \quad (2)$$

Знайдені нечіткі ситуації за виразом (1) на кожному кроці переходу по суті оцінюють нечіткі наслідки управляючих дій, а отже процес пошуку маршруту переходів між вхідною ситуацією \tilde{S}_1 – прибуття вагонів на колію станції та цільовою ситуацією \tilde{S}_{10} – прибуття вагонів на колію наступної технічної станції за маршрутом є стратегія управління для просування вагонів з небезпечними вантажами в підсистемі "технічна станція – прилегла дільниця".

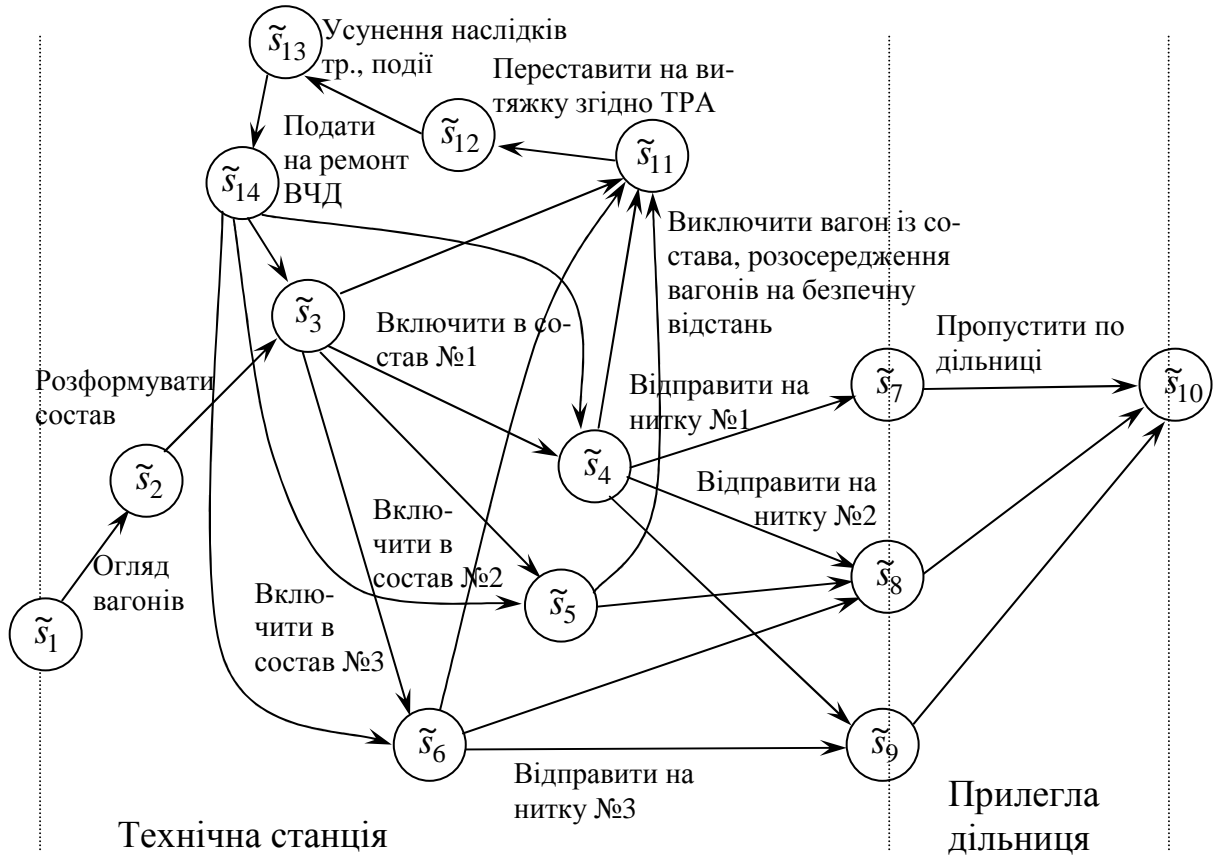


Рисунок 1 – Нечітка ситуаційна мережа для моделювання процесу управління просуванням вагонів з небезпечними вантажами в підсистемі “технічна станція – прилегла дільниця”

Для пошуку стратегії управління, що відповідає оптимальному маршруту на нечіткому графі $\tilde{G} = (\tilde{S}, R)$ в роботі запропоновано використати генетичний алгоритм з бінарним кодуванням, який можна записати у вигляді кортежу

$$G = \langle H, p, m, S, C, M, F_{\min}, \Lambda \rangle \quad (6)$$

де H – вихідна популяція, що представляє випадково згенерований варіант стратегії управління або маршруту від вхідної до цільової ситуації; p – кількість точок простору пошуку, яким оперує алгоритм на кожному кроці процесу роботи (розмір популяції); m – кількість генів в хромосомі фіксованої довжини $h^{(k)} = (r_1^{(k)}, \dots, r_m^{(k)}) \in Q^n$, де $k = \overline{1, m}$, $r_i^{(k)}$ - гени, що визначають послідовність номерів дуг графа; S, C, M – відповідно оператори відбору, кросовер та мутації. Кожна хромосома $h^{(k)}$ може

бути оцінена мірою пристосованості $F^{(k)}$ на основі мультиплікативного критерію виду

$$F^{(k)} = \bigcup_{l=1}^L [\mu_s(y_1) \cdot \mu_s(y_2)] \rightarrow \min, \quad (7)$$

де $\mu_s(y_1)$ – функція приналежності нечіткої змінної “рівень безпеки”; $\mu_s(y_2)$ – функція приналежності нечіткої змінної “тривалість знаходження вагонів”; l – порядковий номер вершини маршруту на графі $\tilde{G} = (\tilde{S}, R)$, що відповідає стратегії управління. \bigcup – операція об’єднання.

Окрім пошуку стратегії управління на графі, важливим етапом методу нечіткого висновку по мережі є оцінка стану системи, що відповідає вузлам нечіткої ситуаційної мережі. Для визначення стану об’єкта управління в роботі запропоновано здійснювати порівняння вхідної нечіткої ситуації з кожною нечіткою

ситуацією із набору типових ситуацій, що задані графом \tilde{G} на основі нечіткого включення ситуацій за допомогою визначення ступеня включення нечітких множин [3]

$$V(\tilde{s}_i, \tilde{s}_j) = \&_{y \in Y} v(\mu_{s_i}(y), \mu_{s_j}(y)),$$

де $V(\tilde{s}_i, \tilde{s}_j)$ – ступінь включення ситуації \tilde{s}_i в ситуацію \tilde{s}_j ; $v(\mu_{s_i}(y), \mu_{s_j}(y))$ – ступінь включення нечіткої множини $\mu_{s_i}(y)$ в нечітку множину $\mu_{s_j}(y)$.

Поточні ситуації по стадіях обробки оцінюються через деякі проміжки часу на ключових контрольних фазах здійснення операцій з вагонами завантаженими небезпечними вантажами. Після ідентифікації ситуації здійснюється пошук оптимальної стратегії управління для досягнення компромісу між тривалістю знаходження вагонів на станції або в складі поїзда на дільниці та рівнем безпеки виникнення транспортної події.

Висновки

Запропонована модель оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами в підсистемі “технічна станція – прилегла дільниця” на базі нечіткої ситуаційної мережі дозволить зменшити ризики виникнення потенційно можливої транспортної події й пов’язаних з нею збитків під час виконання поїзної або маневрової роботи шляхом інтелектуальної підтримки планування на оперативному рівні. Розроблені основи дають можливість знизити кількість транспортних подій з причин організаційного характеру. На основі запропонованої моделі можливо створити систему підтримки прийняття рішень [7] диспетчерського персоналу, яка підвищить рівень безпеки перевізного процесу на залізничному транспорті.

Література

1. Положення про систему управління безпекою руху поїздів у Державній адміністрації залізничного транспорту України, наказ Мінінфраструктури № 27 від 01.04.2011р.
2. Положення про класифікацію транспортних подій на залізницях України, наказ Мінінфраструктури № 12 від 12.01.2012 р.
3. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, Физматлит, 1990. – 272с.

4. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990. – 184с.
5. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 299 с.
6. Deb K. Genetic algorithms for function optimization. In: Genetic Algorithms and Soft Computing / K. Deb.; Edited by F. Herrera and J. L. Verdegay. – Heidelberg: Physica-Verlag, 1996. – P. 3-29.
7. Бутько Т.В. Формування мережі логістичних центрів пересадочних комплексів на основі використання розподіленої системи підтримки прийняття рішень з реалізацією колективної самоорганізації / Т.В. Бутько О.О. Журба, А.В. Прохорченко, Н.І. Хведорець // Зб. наук. праць. -Донецьк: ДонІЗТ. – 2011. – Вип. 26. – С. 34-39.

Резюме

У роботі запропоновано для формалізації технології оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами в підсистемі “технічна станція - прилегла дільниця” використовувати підхід на основі побудови нечіткої ситуаційної моделі, яка дозволяє зменшити ризики виникнення потенційно можливих транспортних подій і пов’язаних з ними збитків в процесі виконання поїзної і маневрової роботи шляхом інтелектуальної підтримки планування

В работе предложено для формализации технологии оперативного управления процессом продвижения вагонов с опасными грузами в подсистеме "техническая станция - прилегающий участок" использовать подход на основе построения нечеткой ситуационной модели, которая позволяет уменьшить риски возникновения потенциально возможных транспортных событий и связанных с ними убытков в процессе выполнения поездной и маневровой работы путем интеллектуальной поддержки планирования

In this paper we proposed to formalize the operational process control technology to promote cars with dangerous cargoes in the subsystem "technical station - adjacent area" using an approach based on the construction of fuzzy situational model, which can reduce the risks of potentially possible traffic events and associated losses during the train operations and shunting through intelligent support of planning

Ключові слова: залізничний транспорт, вагони з небезпечними вантажами, нечітка ситуаційна мережа, еволюційне моделювання

Рецензент д.т.н., професор Стасюк О.І. (ДЕТУТ)

Поступила 03.06.2012 г.