

УДК 656.212.6:658.5.011.56

*Ігор Ернстович Мартинов, д.т.н., професор,
(професор кафедри вагонів, Український державний університет
залізничного транспорту),*

*Віктор Сергійович Меркулов, доцент,
(доцент кафедри обчислювальної техніки та систем управління,
Український державний університет залізничного транспорту),*

*Ірина Григорівна Бізюк,
(старший викладач кафедри обчислювальної техніки та систем
управління, Український державний університет залізничного
транспорту),*

*Роксана Вадимівна Петрова,
(доцент кафедри економічної кібернетики та управління економічною
безпекою, Харківський національний університет радіоелектроніки)*

АНАЛІТИЧНИЙ ОПИС СИТУАЦІЙНО-ЕВРИСТИЧНОГО МЕТОДУ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ ВАНТАЖЕННЯ-ВИВАНТАЖЕННЯ

У статті розглядається можливість застосування ситуаційно-евристичного методу для побудови моделі процесу оперативного планування вантажно-вивантажних робіт на залізничному транспорті. Метод реалізований комплексом кроків, які використовують накопичені знання з урахуванням оперативної обстановки в регіоні залізниці. Побудований із застосуванням цього методу програмний комплекс експлуатується у відділі планування перевезень й організації вантажної роботи служби перевезень регіональної філії «Південна залізниця».

***Ключові слова:** оперативне планування, вантаження-вивантаження, регулювальне завдання, модель, ситуаційно-евристичний метод, нормативні показники, фактори, кортеж, критерій.*

Вступ. Розробка управлінських рішень в умовах відсутності достатньо представницької і достовірної статистики по характеристиках об'єкта; для аналізу об'єктів, розвиток яких або повністю, або частково не піддається предметному опису або математичної формалізації; в умовах великої невизначеності середовища функціонування об'єкта при середньо- і довгостроковому прогнозуванні вимагає застосування евристичних методів. Ситуаційний менеджмент передбачає наявність таких ситуацій, коли доводиться постійно працювати в нових умовах. При цьому проблема може розділятися на кілька відносно простих складових, для яких формується набір завдань і відповідних їм рішень [1, 2, 9].

© *Мартинов І.Е., Меркулов В.С., Бізюк І.Г., Петрова Р.В., 2018*

При побудові оптимального плану експлуатаційної роботи має місце безліч непередбачуваних процесів і операцій, умови виконання яких постійно змінюються. Від точності їх визначення залежить достовірність прогнозу. Тому для оперативного планування використовуються усереднені технологічні норми. Однак, для кожного технологічного процесу доцільно виявити перелік факторів, які впливають на нього, і будувати прогноз з їх урахуванням в кожній конкретній ситуації.

ЕОМ дозволяють використовувати для прогнозування і прийняття керуючих рішень самокоригуючі, самонавчальні і самоорганізуючі моделі. Одними з методик побудови таких моделей є ситуаційно-евристичні методи прогнозування (СЕМП) і нормування (СЕМН).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні основи СЕМП показників експлуатаційної роботи були запропоновані і описані в [5] Л.П. Тулуповим. Подальший розвиток ці ідеї отримали в роботах І.М. Шапкіна (РУТ(МІІТ)) при прогнозуванні показників поїзної і вантажної роботи і створення типових автономних програм підготовки даних і розрахунку прогнозів [6], В.М. Самсонкіна (ДУІТ) для автоматизованого формування планів вантажно-вивантажних робіт у підрозділі Залізниці [4].

Визначення мети і завдання дослідження. Після одержання квазіоптимальних планів вантаження-вивантаження в регіоні Залізниці з використанням методу гілок і меж [3] пропонується обрати методику для їх остаточного «доведення».

Певні проблеми пов'язані з тим, що вихідними є план і заявки, розраховані на місяць, а спланувати необхідно в середньому на добу. При цьому обов'язковим є виконання середньодобового плану по регіону. Виникають труднощі і при перерахунку «місяць-доба», і при невідповідності заявок і плану по регіону (мається на увазі не лише абсолютна, але і відносна похибка).

Для зменшення впливу дестабілізуючих чинників і зниження кількості невиконаних заявок станцій була запропонована спеціальна методика з використанням елементів СЕМП, розроблені відповідні алгоритми та їх програмна реалізація.

Матеріали та методи дослідження. СЕМП реалізований комплексом кроків, що передбачають використання накопичених знань з урахуванням оперативної обстановки в регіоні.

Плановані нормативні показники $\{x_{\tau}^{jk}\}$ – норми вантажної роботи по k -му роду вантажних вагонів j -ї станції на τ -й інтервал планового періоду; $j = 1, 2, \dots, J$ – порядковий номер станції; $k = 1, 2, \dots, K$ – порядковий номер роду вантажних вагонів при обмеженнях:

$$\left| \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K x_{\tau}^{jk} \right| = b, \quad (1)$$

де $b \approx |\tilde{X}_{\tau}|$, \tilde{X}_{τ} – директивне регульовальне завдання по регіону в цілому.

Ці показники розраховуються на підставі відомих до моменту планування факторів, що впливають: основних – (Φ_n^U) , $n = \overline{1, N}$ і додаткових – (Φ_l^V) , $l = \overline{1, L}$, де N та L – чисельності відповідних факторів.

Позиційно-упорядкована сукупність факторів або, іншими словами, ситуація $(\Phi_{\tau}^U, \Phi_{\tau}^V)$ являє собою відому до моменту планування інформацію,

що дає можливим зробити більш точний прогноз x_{τ}^{jk} . Із додаткових факторів використовуються порівняно добре досліджені на момент прогнозування календарні особливості планового періоду ($\bar{\Phi}_{\tau}^V$) і погодні умови ($\bar{\bar{\Phi}}_{\tau}^V$) (статистика при вивантаженні).

Вихідна ситуація перед застосуванням СЕМП: $(\Phi_{\tau}^U, \bar{\Phi}_{\tau}^V, \bar{\bar{\Phi}}_{\tau}^V)$.

Під прогнозом, який розраховується за допомогою СЕМП, розуміється досягнутий об'єктом стійкий рівень виконання тих чи інших показників у ситуації, яка склалася на плановий період $\tilde{X}_1^{z+1}, \tilde{X}_2^{z+1}, \dots, \tilde{X}_k^{z+1}$.

Позначимо всю їх сукупність (\tilde{X}_k^{z+1}), причому величина $\tilde{X}^{z+1} = \sum_k \tilde{X}_k^{z+1}$ має фізичний зміст, тобто група прогнозованих показників однорідна. Наприклад, кількості відправлених зі станції поїздів та їх розподіл за звітними періодами.

Методика передбачає три етапи розрахунків: підготовчий, оперативний та самонавчання.

На підготовчому етапі визначаємо перелік факторів, що впливають, для кожної розрахункової величини і складаємо алгоритми для їх розрахунку. Потрібно прагнути, щоб фактори були взаємно незалежні. У цьому випадку порівняно просто оцінити вплив кожного з них на показник. Автономно вводяться експертні дані з вихідними значеннями.

Кількісні характеристики і відповідні їм значення прогнозованих показників складають кортеж досвіду. Чим точніше обраний кортеж, тим об'єктивніше буде отримане регулювальне завдання.

Кортежі за $T-1$ перед планових періодів утворюють масив досвіду

$$Z = \left\{ \Phi_{\tau}^U, \bar{\Phi}_{\tau}^V, \bar{\bar{\Phi}}_{\tau}^V, x_{\tau}^{jk} \right\}, \quad \tau = 1, 2, \dots, T-1 \quad (2)$$

Як фактори, що впливають, використовуються тільки ті, значення яких на плановий період можуть бути визначені. Однак на фактичне виконання прогнозованих показників можуть чинити сильний вплив і чисто випадкові величини, значення яких передбачити неможливо. До таких факторів, наприклад, належать стихійні лиха, надзвичайні події і т.д. Досвідні дані, що відносяться до умов, які різко відрізняються від звичайних, в розрахунках не використовуємо.

Методика передбачає можливість логічного контролю. Якщо, наприклад, різниця між прогнозом і фактичним виконанням перевищила заданий рівень, то кортежу досвіду автоматично присвоюється заборонна ознака. Для розрахунку використовується відкоригований масив досвіду, який не містить різких, нехарактерних відхилень.

Передбачаються тільки лінійні форми зв'язку між факторами, що впливають і обчислюваними величинами. За рекомендаціями технолога визначаються частки впливу кожного фактора \bar{X}_i на показник. Коефіцієнти \bar{X}_i називаються довгостроковими нормативами. На підготовчому етапі бажано в масив досвіду вводити кортежі без впливу додаткових факторів.

Тоді прогноз:

$$\tilde{X}^j = \sum_{i=1}^I \bar{x}_i \Phi_i^j. \quad (3)$$

На кожен \bar{x}_i накладаються технологічні обмеження: $x_i^{\min} \leq \bar{x}_i \leq x_i^{\max}$, де x_i^{\min} , x_i^{\max} – граничні значення, що задаються технологом.

Сукупність коефіцієнтів (\bar{x}_i) можна визначити кількома способами. У дослідженні реалізовано алгоритм пошуку довгострокових нормативів, виходячи з умови

$$\sum_{i=1}^z (X^j - \tilde{X}^j)^2 = \sum_{i=1}^z \left[X^j - \sum_{i=1}^I \bar{x}_i \Phi_i^j \right]^2 \rightarrow \min, \quad (4)$$

де X^j – звітне значення; \tilde{X}^j – прогнозоване значення.

Аналізуються всі незаборонені кортежі масиву досвіду. Знайдені таким способом коефіцієнти (\bar{x}_i) використовуємо при оцінці міри близькості різних ситуацій і в інших операціях.

На оперативному етапі для розрахунку кожного прогнозного показника кортежів масиву Z вибираються кортежі з найбільш близькими ситуаціями до вихідної. У масиві досвіду може виявитися ситуація, яка за значенням факторів в точності збігається з ситуацією на перед плановий період. Однак з цього не випливає, що в якості прогнозу можна брати відповідне звітне значення. Це було б виправдано при детермінованій зв'язку між прогнозованими показниками і факторами, що впливають. Насправді, цей зв'язок має стохастичний характер, і тому результати прогнозування будуть більш надійними, якщо використовувати не єдиний досвід, а кілька, близьких за ситуаціями [7,8].

Довгострокові нормативи використовуються для вибору з масиву досвіду найбільш близьких до перед планової ситуації. Критерій близькості j -го кортежу масиву досвіду задається у вигляді деякої функції, що визначає спосіб відбору близьких ситуацій. Не можна стверджувати, що в масиві досвіду завжди є хоча б один кортеж j , у якого ситуація точно збігається з перед плановою, що склалася до початку розрахунку. Однак, серед кортежів знайдеться кілька вихідних ситуацій, які в певному сенсі більш близькі до перед планової, порівняно з іншими. Чим правильніше обраний критерій відбору близьких ситуацій, тим точнішим буде розрахунок.

Ситуація визначається вектором з координатами ($\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_I$). Для оцінки близькості ситуації j до $z+1$ будемо використовувати покоординатну оцінку.

Ситуацію j -го кортежу масиву Z будемо вважати близькою до ситуації $z+1$, якщо виконується умова:

$$|\Phi_i^{z+1} - \Phi_i^j| \leq \varepsilon_i \quad (5)$$

де ε_i – припустиме відхилення ($i=1, 2, \dots, I$).

Фактори, що впливають, можуть бути нерівнозначними, з чого виходить нерівнозначність величин ε_i . Якщо в області, що задовольняє цій умові, не знайдеться достатньої кількості ситуацій, то припустимо різницю критеріїв

збільшуємо з заданим кроком. Критерії мають евристичний характер, що відображено у назві методу.

В окремі періоди значення звітних показників істотно відрізняються від прогнозованих через вплив умов, які не враховуються моделлю, а також неточностей самого оперативного обліку.

СЕМП включає облік перехідних періодів при різкій зміні умов роботи.

У цих випадках у масиві досвіду ще не має кортежів досвіду роботи в змінених умовах. Модель може «навчитися» лише кількома кортежами досвіду останніх періодів ($p=1, 2, \dots, P$). Цю її інерційність можна певною мірою виправити коефіцієнтом тенденції.

Значення P визначається шляхом аналізу результатів прогнозування при різних значеннях p . Середня похибка за період при тому чи іншому значенні p :

$$\bar{\Delta}_p = \frac{\sum_{i=1}^m |\tilde{X}^j - X^j|}{m\bar{X}_m}, \quad (6)$$

де \bar{X}_m – середнє значення показника за P періодів;

m – число дозволених кортежів масиву досвіду Z .

У СЕМП зберігається скориговане значення складової показника, що залежить тільки від основних факторів. Це дає можливість точніше визначити ступінь впливу додаткових факторів.

Етап самонавчання дозволяє коригувати розрахункові величини після отримання звітних даних. Розбіжність виникає через неточності в оперативному обліку і диспетчерській інформації.

Спочатку знаходимо відхилення звітного значення показника від прогнозованого без урахування коефіцієнта тенденції: $\Delta^{z+1} = \tilde{X}^{z+1} - \tilde{X}^{z+1}$.

Якщо ця різниця перевищує задану технологом межу, то самонавчання переривається, і кортежу досвіду присвоюється заборонна ознака. Надалі такі кортежі в прогнозуванні не беруть участь. Якщо відхилення не перевищує допуску, то розрахунок триває.

У загальному випадку в матриці, крім звітного значення, повинні формуватися стовпці скоригованого досвіду, куди по закінченні кожного періоду на місце прогнозованого значення показника \tilde{X}_l^{z+1} заносяться

$$X_l^{z+1} = \tilde{X}_l^{z+1} + \rho(X_l - \tilde{X}_l^{z+1}), \quad (7)$$

де X_l – звітне значення показника; ρ – коефіцієнт коригування, $\rho \in [0,1]$.

Це значення записується в $z+1$ -й кортеж масиву досвіду Z . Далі здійснюється зсув кортежів масиву досвіду на один крок. При цьому $z+1$ -й кортеж стає z -м, другий кортеж стає першим, а перший пересилається в архів. Кортеж $z+1$ звільняється для введення і формування нової перед планової ситуації. Таким чином, у масиві досвіду залишаються кортежі останніх z розрахунків.

Оптимальне значення коефіцієнта ρ пропонується розраховувати періодично. Спочатку визначається середнє відхилення звітних показників від прогнозованих за P останніх періодів:

$$\Delta_1 = \sum_{j=z-p}^z \frac{\tilde{X}_l^j - X_l^j}{P} \quad (8)$$

Якщо $\Delta_1 > \Delta$, то довгострокові нормативи перераховують. Коригують нормативи X_i на підставі останніх z кортежів досвіду. Значення ρ відшукується покроковим перебором.

Висновки. Оперативне планування експлуатаційної роботи надає змогу визначення майбутніх обсягів роботи і можливих труднощів виробничих процесів для встановлення найкращих способів і послідовності виконання директив. Враховуючи, що відхилення щодобових показників, наприклад, для залізниці в цілому, від місячних технічних норм досягають десятків, а по станціях в окремі дні – декількох сотень відсотків, збалансований календарний план є запорукою якісної реалізації пропускну і перероблювальної спроможностей станцій [10].

Побудований з застосуванням СЕМП програмний проект покладений в основу автоматизованої системи оперативного планування вантаження-вивантаження, яка експлуатується в відділі планування перевезень й організації вантажної роботи служби перевезень регіональної філії «Південна залізниця».

ЛІТЕРАТУРА

1. Лёвин Б. А. Цифровая логистика и электронный обмен данными в грузовых перевозках /Б.А.Лёвин, О.В.Ефимова. // Мир транспорта. – 2017. –№2, – С. 142-149
2. Левин Д. Ю. Автоматизированные системы управления местной работой /Д.Ю.Левин // Учебное пособие по дисциплине «Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок». – М.: МИИТ, 2011. – 224 с.
3. Меркулов В. С. Метод гілок і меж в календарному плануванні вантажно-вивантажувальних робіт /В.С.Меркулов, І.Г.Бізюк //Збірник наукових праць УкрДУЗТ.– Х., 2015. – випуск 157, – С.140-142.
4. Самсонкін В. М. Ситуаційно-евристичний підхід до календарного планування вантажно-розвантажувальних робіт в регіоні залізниці /В.М.Самсонкін, В.С.Меркулов //Залізничний транспорт України. – 2007. – № 4. – С. 8-10.
5. Тулупов Л. П. Управление и информационные технологии на железнодорожном транспорте /Л.П.Тулупов, Э.К.Лецкий., И.Н.Шапкин, А.И.Самохвалов //Учебник для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Маршрут, 2005. – 467 с.
6. Шапкин И. Н. Нормирование и прогнозирование на железных дорогах (методы, алгоритмы, технологии, расчеты) /И.Н.Шапкин, Р.А.Юсипов, Е.М.Кожанов. – М.: ИСПИ РАН, 2007. – 255 с.
7. Giannetti C. Risk based uncertainty quantification to improve robustness of manufacturing operations /C.Giannetti, R.Ransing //Computers&Industrial Engineering:– 2016, – Vol.101, – P.70-80
8. Khusainov F. I. Railways and the market: a collection of articles [Zheleznye dorogi i rynek: sbornik statej]. – Moscow, Nauka, 2015, – 582 p.
9. Macheret D. A. Methodological problems of research in railway transport [Metodologicheskie problemy issledovaniy na zheleznodorozhnom transporte]. Ekonomika zheleznyh dorog, 2015, Iss. 3, – P. 12-26.
10. Najaf P. Application of an Intelligent Fuzzy Regression Algorithm in Road Freight Transportation Modelling /P.Najaf & S.Famili //Promet – Traffic&Transportation, 2013, № 25 (4). – P. 311-322.

REFERENCES

1. Lyovin B.A., Efimova O.V. (2017). Digital Logistics and Electronic Data Exchange in Freight Transportation. Moscow: World of transport and transportation, 2017. Iss. 2, pp.142–149
2. Levin D.U. (2011). The automated systems of management of local work. Training manual on the discipline "Management of operational work and quality of transportation". M.: МІІТ, P.224.
3. Merkulov V.S., Bizyuk I.G. (2015). Method of the branches and limits in the calendar planning of loading and unloading works. Collection of scientific works of UkrDUST, X., issue 157, pp.140-142.
4. Samsonkin V.M., Merkulov V.S. (2007). Situational-euro-European approach to the calendar planning of loading and unloading works in the region of the railway. /Railway Transport of Ukraine, № 4, P. 8-10.
5. Tulupov L.P., Letskiy E.K., Shapkin I.N., Samokhvalov A.I. (2005). Management and information technologies in railway transport. Textbook for Railway Universities. M: Route, P 467.
6. Shapkin I.N., Yusipov R.A., Kozhanov E.M.. (2007). Norming and forecasting on railways (methods, algorithms, technologies, calculations). M.: ISPI RAN, P 255.
7. Giannetti C., Ransing R. (2016). Risk based uncertainty quantification to improve robustness of manufacturing operations. Computers&Industrial Engineering, Vol.101, pp.70-80
8. Khusainov F. I. (2015). Railways and the market: a collection of articles [Zheleznnye dorogi i rynek: sbornik statej]. – Moscow, Nauka, 582 p.
9. Macheret D. A. (2015). Methodological problems of research in railway transport [Metodologicheskie problemy issledovaniy na zheleznodorozhnom transporte]. Ekonomika zheleznih dorog, Iss. 3, pp. 12-26.
10. Najaf P., & Famili S. (2013). Application of an Intelligent Fuzzy Regression Algorithm in Road Freight Transportation Modelling. Promet .Traffic&Transportation, № 25 (4). – pp. 311-322.

*Игорь Эрнстович Мартынов, д.т.н., профессор,
(профессор кафедры вагонов, Украинский государственный университет
железнодорожного транспорта),*

*Виктор Сергеевич Меркулов, доцент,
(доцент кафедры вычислительной техники и систем управления,
Украинский государственный университет железнодорожного транспорта),*

*Ирина Григорьевна Бизюк,
(старший преподаватель кафедры вычислительной техники и систем
управления, Украинский государственный университет железнодорожного
транспорта),*

*Роксана Вадимовна Петрова,
(доцент кафедры экономической кибернетики и управления экономической
безопасностью, Харьковский национальный университет радиоэлектроники)*

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СИТУАЦИОННО-ЭВРИСТИЧЕСКОГО
МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ПЛАНИРОВАНИЯ ПОГРУЗКИ-ВЫГРУЗКИ**

В статье рассматривается возможность применения ситуационно-эвристического метода для построения модели процесса оперативного планирования погрузочно-выгрузочных работ на железнодорожном транспорте. Метод реализован комплексом шагов, которые используют накопленные знания с учетом оперативной обстановки в регионе дороги. Построенный с применением этого метода программный комплекс эксплуатируется в отделе планирования перевозок и организации грузовой работы службы перевозок регионального филиала Южная железная дорога."

Ключевые слова: оперативное планирование, погрузка - выгрузка, регулировочное задание, модель, ситуационно-эвристический метод, нормативные показатели, факторы, кортеж, критерий.

Igor Martynov

(Doctor of Technical Sciences, Professor, head of the department of wagons, Ukrainian State University of Railway Transport);

Viktor Merkulov

(Associate Professor at computer and control systems department, Ukrainian State University of Railway Transport);

Iryna Biziuk

(Senior Lecturer at computer and control systems department, Ukrainian State University of Railway Transport);

Roksana Petrova

(Associate Professor at Department of Economic Cybernetics and management of economic security Kharkiv national University of Radioelectronics)

ANALYTICAL DESCRIPTION OF SITUATIONAL - HEURISTIC METHOD OF THE CONSTRUCTION OF THE MODEL OF PLANNING OF LOADING-UNLOADING WORKS

The Article considers the possibility of application of situational - heuristic method (SHMC) for the construction of the model process of operative planning of loading-unloading works at the railway transportation.

Under the estimate that settles accounts by means of SHMC, the steady level of implementation of one or another indexes attained by an object is thought of as situation that has been risen under the target period.

The great number of unforeseeable processes and operations takes place at the construction of optimal plan of operating work, where the terms of implementation constantly change. Authenticity of prognosis depends on exactness of their determination. Therefore it is possible to use average technological norms for the operative planning. However, for every technological process it is expedient to educe the list of its affecting factors, and to build a prognosis taking into account their influence in every specific situation.

A method is implemented by the complex of steps that use the accumulated knowledge with an operative situation taken into account in the region of road. Three stages of calculations are envisaged: preparatory, operative and self-learning.

At the preparatory stage, we determine the list of influencing factors for each calculated sizes and draw up algorithms for their calculation.

At the operational stage, we select data with the closest situations to the initial for the calculation of each forecast indicator of corteges of array of experience.

The self-learning stage allows you to adjust the calculated sizes after receiving the current data.

Built with the use of SHMC a programmatic project is exploited in the department of planning of transportations and organization of freight work of service of transportations of regional branch "Yuzhnaya railway".

Keywords: *the operative planning, loading - unloading, regulation task, model, situational-heuristic methods, normative indexes, factors, cortege, criteria.*