

Список літератури

1. Ломотько Д.В. Формування нечіткої бази знань та системи підтримки прийняття рішення у підрозділах залізниць // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті № 2, 2006. - с. 52-58.
2. Быстров А.В., Орел А.М., Баркетов П.А. Формирование признакового пространства систем идентификации объектов на основе применения коэффициента адекватности при нечетком логическом подходе // Современные информационные технологии в научных исследованиях, образовании и управлении. Сборник трудов по материалам III межвузовской научно-методической конференции, посвященной 50-летию СФ РГОТУПС – Смоленск: РГОТУПС, 2005 г. – 284 с.
3. Данько М.І. Вирішення проблем удосконалення систем підтримки прийняття рішень на залізничному транспорті // Зб. Наукових праць УкрДАЗТ. Випуск 66. Харків, 2005.
4. Голубев Б.Л. Качественные аспекты привлечения транзитных грузов на российские железные дороги // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта. Межвузовский сборник научных трудов. – М.: РГОТУПС, 2006. Т.1.- 197 с.
5. Ломотько Д.В. Метод оцінки та відбору нечіткої інформації при формуванні систем підтримки прийняття рішень у підрозділах залізниць // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті №2, 2007. - с. 3- 9.
6. Ту Дж., Гонсалес Р., Принципы распознавания образов. – М.: Мир, 1978. – 411с.

УДК 656.025:510.223

*Лаврухін О.В. доцент (УкрДАЗТ)
Прохоров В.М. аспірант (УкрДАЗТ)*

**ПРИНЦИПИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ
МАНЕВРОВОЮ РОБОТОЮ НА ОСНОВІ БАЙЕСОВИХ МЕРЕЖ**

Вступ. Існуючі умови формування ринку транспортних послуг ставлять перед всіма робітниками залізничного транспорту питання удосконалення технології роботи всіх залізничних підрозділів з безумовною орієнтацією їх діяльності на задоволення потреб

вантажовласників як з боку своєчасної доставки вантажів і забезпечення схоронності так і надання високого рівні сервісних послуг світового рівня.

Основним лінійним підрозділом залізничного транспорту, який забезпечує виконання перевізного процесу є залізнична станція. Саме на станціях відбувається безпосереднє формування і розформування поїздів і як слідство на станцію приходиться більше ніж 70% часу від обігу вантажного вагона. Вміле управління основними технологічними станційними процесами та раціональне використання технічних засобів створює сприятливі умови для реалізації ресурсозберігаючих технологій в перевізному процесі. Таким чином слід зазначити, що основою роботи залізничної станції є маневрова робота, від вмілого керівництва якою залежить якість експлуатаційної діяльності в цілому.

Аналіз існуючих технологій. Станції платять по рахунках за експлуатацію маневрових локомотивів. Тому для забезпечення економічно ефективної роботи колективи станцій повинні бути зацікавлені в економічно обґрунтованій кількості локомотивів для кожного виду робіт. Мінімальна кількість локомотивів може бути розрахована виходячи із добових витрат локомотиво-хвилин на виконання того чи іншого обсягу робіт і добового балансу часу локомотива, який може бути реально використаний для цього виду роботи [1]:

$$M = \frac{K_n \sum B_{л-ч}}{24 - (T_{ПП} + T_{ЭК} + T_{СМ})},$$

де K_n - коефіцієнт нерівномірності добового обсягу маневрової роботи, який встановлюється за статистичними даними;

$\sum B_{л-ч}$ - сумарні добові локомотиво-години для виконання заданого обсягу маневрової роботи;

$T_{ПП}$ - сумарний час простою маневрового локомотива у зв'язку з очікуванням початку роботи, год.;

$T_{ЭК}$ - витрати часу на екіпірування маневрового локомотива в розрахунку на робочу добу, год.;

$T_{СМ}$ - витрати часу на зміну локомотивних бригад за добу, год.

З розрахунків видно, що визначення раціональної кількості маневрових локомотивів базується на дотриманні розробленої технології роботи станції. В процесі експлуатаційної роботи можуть виникати випадки нераціонального використання локомотивів. Це в основному буває з-за того, що не виконується технологія роботи не тільки станції, а

полігону залізниці в цілому. Тому оперативний працівник, який приймає рішення стосовно вибору стратегії подальших дій (поїзний диспетчер, маневровий диспетчер, черговий по станції...) повинен обрати пріоритети по розподіленню навантажень на маневрові локомотиви на основі свого досвіду роботи та інтуїції замість чіткого техніко-економічного обґрунтування.

На Російських залізницях впроваджується автоматизована система управління місцевою роботою (АСУМР), яка дозволяє контролювати та аналізувати експлуатаційний процес виконання місцевої роботи станцій в тому числі і маневрової роботи у динаміці. Але дана система фактично не володіє функціями підтримки прийняття рішень і пристосування до динамічно мінливих умов роботи. Згідно до цього в умовах Укрзалізниці доцільно розробити автоматизовану систему управління місцевою роботою з можливістю реалізації системи підтримки прийняття рішень оперативного персоналу з можливістю самонавчання. Основою цієї системи повинен стати комплекс задач раціонального виконання маневрової роботи.

Постановка задачі. На першому етапі реалізації зазначеної системи є розробка задач, принципів та технології функціонування. Таким чином основними задачами, які повинна виконувати система при організації маневрів є:

1. Прогнозування обсягів маневрової роботи згідно попередньої інформації про надходження вагонів на станцію та згідно технологічних норм часу на навантаження і вивантаження вагонів на самій станції. При реалізації цієї задачі буде одержано можливість, на основі попередньої інформації, розподіляти обсяги роботи між локомотивами та складацькими бригадами, що надасть можливість раціонального їх розташування у межах станції. (Аналізуються дані попередньої інформації про надходження поїздів на станцію у переробку і дані про навантаження-вивантаження на основі якої обираються найбільш оптимальні колії приймання і накопичення. Попередня інформація в процесі роботи може змінюватися згідно до цього будуть перераховуватися варіанти плану роботи);

2. Відстеження реального місцезнаходження маневрового локомотива. Реалізація цієї задачі надасть можливість системі визначати найбільш раціональні маршрути пересування при виконанні напіврейсів з урахуванням поїзного стану. (Аналізується вихідний стан локомотива (за даними пульт-табло ДСП), кінцевий пункт призначення напіврейсу, прослідкування на станцію вантажних та пасажирських поїздів маршрути яких пересікаються із маршрутами маневрових составів). Ці дані

маневровий диспетчер буде використовувати для найбільш раціонального використання часу роботи локомотива;

3. Планування обсягів маневрової роботи на основі точної інформації для кожного локомотива з можливістю динамічного перерозподілу у випадках оперативних змін. Реалізація цієї задачі надасть можливість оперативного перерозподілу обсягів роботи між локомотивами і складацькими бригадами необхідність якого виникла у випадку відхилення попередньої інформації від точної. (Виконуються ті ж самі функції, що й в другій задачі тільки з урахуванням реальної обстановки);

4. Стеження за ходом виконання завдань кожним маневровим локомотивом при безпосередньому дотриманні технологічних норм часу на виконання операцій. Ця функція надасть можливість відстежувати дотримання технологічного процесу і якість виконання завдань, що надасть можливість підвищити контроль за безпекою виконання експлуатаційної роботи, а також дозволить виявляти „вузькі” місця в технології роботи. (Постійно контролюється час на виконання певних операцій шляхом порівняння із нормативним і надаються поради для подальших дій);

5. Вибір раціонального порядку обслуговування під'їзних колій підприємств. Реалізація цієї задачі дозволить мінімізувати простої вагонів на станції в очікуванні подавання-прибирання при безпосередньому дотриманні технології обслуговування під'їзних колій підприємств на основі аналізу прибуття та відправлення вагонів на адресу станції. (Аналізується наявність вагонів на станції та на підходах призначених для подавання на під'їзні колії, а також наявність вагонів на під'їзних коліях з якими виконані вантажні операції. Приймаються технолого-економічні рішення, в основу яких покладено єдиний технологічний процес роботи, щодо порядку обслуговування вантажних фронтів);

6. Техніко-економічне обґрунтування черги обробки поїздів, які знаходяться на підході до станції та поїздів у парках станції. Ця задача спрямована на визначення раціональної черги обробки поїздів які прибувають на станцію і заходяться в парках станції. (Аналізується термін доставки вантажів, призначення за планом формування, наявність нитки графіку руху. На основі цих даних обирають раціональний варіант виконання маневрової роботи);

7. Техніко-економічні порівняння варіантів обробки поїздів з замикаючими групами та без них. Задача спрямована на відшукання раціонального варіанту обробки поїздів з замикаючими групами та без них. (Аналізується наявність замикаючих груп у поїздів, які прибувають в розформування. На основі цього аналізу обирається варіант, який

забезпечить максимальний технологічно-економічний ефект від формування поїздів з урахуванням прогнозу глибиною не менше ніж на 12 годин) ;

8. Надання зрозумілих та обґрунтованих підказок оперативному персоналу згідно виконання експлуатаційної роботи як в нормальних умовах та і при відхиленні від планів та технологічного процесу роботи. Реалізація цієї задачі є підсумок всіх попередніх задач, тому що саме вона повинна забезпечувати швидке і раціональне реагування оперативних працівників на події. (Надаються, у лінгвістичній формі, поради та накази щодо виконання заданих обсягів роботи в різних умовах).

Принципи побудови математичної моделі. Для більшості з наведених задач первинна невизначеність і неточність даних є ключовим моментом, який слід врахувати при виборі математичного апарату їх вирішення. Другим ключовим моментом при вирішенні поставлених задач в рамках системи підтримки прийняття рішень є якісне прогнозування станів об'єктів (маневрових локомотивів, вагонів).

Сучасним математичним апаратом, який легко оперує поняттями невизначеності, неточності інформації при створенні систем підтримки прийняття рішень є Байєсові мережі, які поки що знаходять застосування більшою в інформаційній сфері (байєсові фільтри). Цей факт пов'язаний з тим, що науково-практичний інтерес до них почав пробуджуватись у 80^x-90^x роках минулого століття-з масовим поширенням потужних ЕОМ, хоча перші теоретичні розробки відносяться ще до середини ХХ століття.

Байєсова мережа це: набір змінних об'єднаних графічною структурою, що об'єднує змінні, набір умовних розподілень [2]. Це в свою чергу в нашому випадку дозволить аналізувати статистичні дані щодо простоїв, часів прибуття, кількість вагонів, час виконання операцій, побудувати графічну інтерпретацію процесів слідування поїздів по напрямках.

Байєсова мережа описує причинно-наслідкові зв'язки між змінними. Тобто надає змоги ув'язати процес формування поїздів з їхнім слідуванням по дільницях. Графічна структура надає простий шлях для позначення цих залежностей і, таким чином, забезпечує компактність при параметризації моделі. Таким чином можливо простежити дерево подій при просуванні вагонопотоків та поїздопотоків при прямуванні від станції А до станції Е (рисунок 1).

Байєсові або імовірнісні мережі мають імовірнісний вивід. Результати виводу представляють собою імовірності настання подій, які представлені змінними. Вивід – це процес розрахунку ймовірностей моделі, що базується на зв'язках моделі, і спостережуваних або апріорних значеннях змінних [3].

Формула Байеса зв'язує взаємні відносні імовірності подій:

$$P(H | e) = \frac{P(e | H)P(H)}{P(e)}, \quad (2)$$

де e, H – події (e – спостереження, H – гіпотеза);
 $P(H)$ - апіорна імовірність події H ;
 $P(H|e)$ - апостеріорна імовірність події H ;
 $P(e)$ - імовірність настання події e ;
 $P(e|H)$ - імовірність настання події e , за умови, що подія H має місце, (правдоподібність e при даному H).

Для здійснення виводу – розрахунку апостеріорних імовірностей - необхідні дані апіорних ймовірностей для кожної змінної і умовні імовірності для залежних вузлів, настання події в кожному вузлі [4].

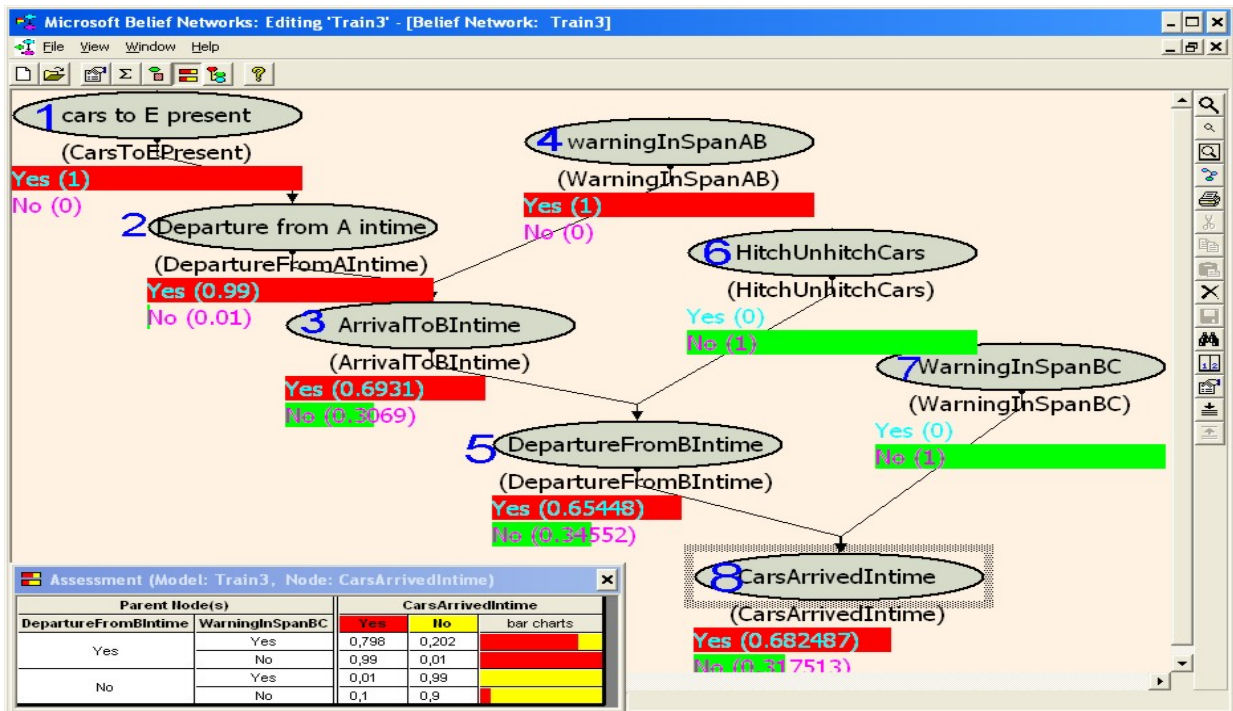


Рисунок 1 – Байесова мережа процесу прибуття вагонів на сортувальну станцію

На рисунку 1 наведена імовірнісна мережа, вивід якої – імовірність гіпотези про вчасне прибуття групи вагонів з однієї сортувальної станції на іншу. Це надасть можливість спланувати роботу не тільки маневрових локомотивів, а також усіх людських ресурсів, що задіяні у експлуатаційному процесі найбільш раціональним чином. Таким чином зазначена імовірнісна мережа включає змінні, що відповідають гіпотезам про наявність потрібних вагонів на станції відправлення - 1, відправлення вагонів вчасно - 2, причеплення-відчеплення вагонів на станціях по шляху слідування-6, виникнення попереджень - 4, 7, вчасне прибуття вагонів -3, 8. Всі змінні є спостережуваними змінними.

Висновок. Таким чином одержано модель, яка надає можливість відстежувати увесь процес прямування поїздів починаючи з моменту його відправлення зі станції формування до станції розформування з урахуванням можливих переробок та випадкових факторів. Перевагою зазначеної моделі є той факт, що вона виконує прогноз у автоматизованому режимі використовуючи як статистичні дані так і оперативну інформацію з послідуючою можливістю самокорегування - тобто можливим є реалізація системи з принципами самонавчання. В результаті реалізації цієї моделі можливо бути передбачати точний час прибуття поїзду на станцію призначення у режимі реальному часу.

Список літератури.

1. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте. Под ред. П.С. Грунтова – М.: Транспорт, 1994. – 543с.
2. J. Pearl, Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, 1988.
3. J. O. Berger, Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis. New York: Springer-Verlag, 1985.
4. D. Heckerman, “Bayesian networks for data mining”, Data Mining and Knowledge Discovery, vol. 1, pp. 79–119, 1997.