

ХАРАКТЕРНИ ОСОБЕНОСТИ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕТО МЕЖДУ ЧОВЕКА-ОПЕРАТОР И ТЕХНИЧЕСКИТЕ СРЕДСТВА В ТРАНСПОРТА

FEATURES INTERACTION BETWEEN HUMAN OPERATOR AND TECHNICAL MEANS TRANSPORT

гл. ас. маг. инж. Хаджиев Е., Висше Транспортно Училище „Т. Каблешков”, София, Република България.

Abstract: *The man-machine interaction system represents two components: the operator and the machine. The subject of study is the safety of the man-machine system for managing the movement of vehicles. There is no sense to seek solutions to remove the human operator from management because even in most modern systems some tasks could not be solved without a human operator or can be solved but with unacceptably high costs. It is necessary to release the man operator from the usual routine operations and responsible actions, so that he/she can focus on decisions, which are difficult or impossible for the machine to make. On this purpose the operator's work place is optimized and the machine takes his/her responsibility for safety of the controlled process.*

Keywords: HUMAN-MACHINE SYSTEM, SAFETY, OPERATOR, CONTROL.

1. Увод

Пропуските в дейността на оператора в железопътния транспорт не бива да се разглеждат сами за себе си, откъснати от процеса на оперативното управление на движението, характеризиращ се с висока динамика на изменение на определени параметри. В този смисъл те биха могли да се обобщят в следните три типа: грешки при оценки на ситуацията; грешки при изпълнение на определени операции и грешки на възприятието [1].

Основен показател за надеждността в работата на субекта с оглед безопасността на движението е характерът и честотата на допуснатите грешки. С цел разкриване същността и изучаване последиците от погрешните действия, те могат да се класифицират в зависимост от характера си, като: закономерни и случайни; предвидими и непредвидими; отстраними или неотстраними; с възможност за корекция или без такава.

При локомотивните машинисти най-голям е дялът на грешките, свързани с неточни и ненавременни действия при извършване на определени операции. Особено характерни са пропуските, свързани с управление на спирачната система, които обуславят реализирането на такива опасни ситуации като:

- подминаване на затворен входен сигнал;
- закриване на дистанция;
- дерайлиране вследствие на превишена скорост;
- грешки при анализирането [2].

При изследване на характерните особености на взаимодействието между човека-оператор и техническите средства в транспорта се анализират следните въпроси:

- кога се допускат субективни грешки от операторите?
- как възникват?
- защо се получават?
- как може да се подобри ситуацията?
- има ли области, където не може да се подобри в този момент?

* Несъзнателните грешки са - на вниманието, възприятието, поведението, реакциите, оценката на ситуацията като цяло и възможните промени в нея.

* Съзнателно допускани грешки са тези, свързани с качествата от личната сфера на психиката, когато операторът разбира, че действията му са опасни, но не се съобразява с това.

За осигуряване движението на влаковете са характерни състоянията:

1. Работоспособно състояние. Системата функционира нормално в съответствие с приетия за изпълнение експлоатационен план. Липсват технически откази и грешки на операторите при осигуряване движението на влаковете и маневрената работа. Това състояние се характеризира с

вероятност - P_1 ;

2. Системата работи с понижена безопасност поради частичен отказ – срязана стрелка, вследствие на което се променя плана за приемане и изпращане на влаковете. Вероятност на състоянието - P_2 ;

3. Поради технически отказ или субективен фактор е подминат затворен сигнал. Вероятност - P_3 ;

4. Понижена работоспособност на системата, вследствие на повреди в съоръженията на осигурителната техника. Вероятност на състоянието - P_4 ;

5. Приемане на влак на зает коловоз без последвал удар. Това състояние се получава само при повредена осигурителна техника. Дължи се на съзнателните действия на персонала. Вероятност - P_5 ;

6. Преминаване на влак през прелез с неспуснати ръчни барьерни греди. Вероятност на състоянието - P_6 ;

7. Удар на прелез, вследствие на съзнателно допуснати грешки от операторите в железопътния транспорт или на водачите на пътни превозни средства. Вероятност - P_7 ;

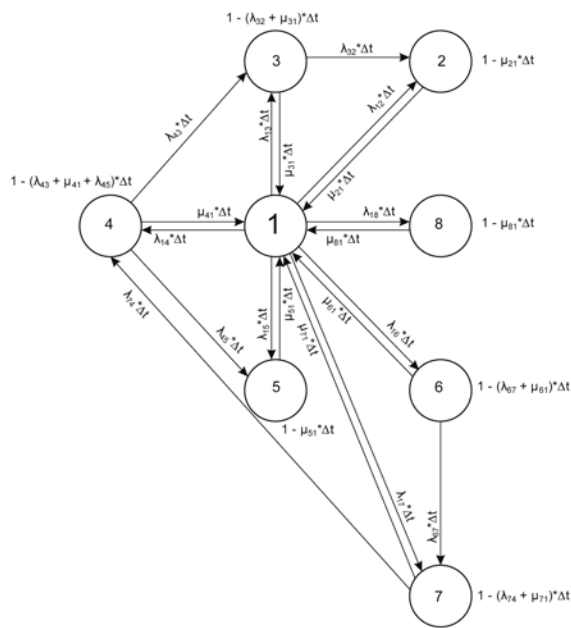
8. Състояние, породено от грешки на експлоатационните кадри – изпратен влак на заето междугарие или в погрешно направление. Вероятност - P_8 .

2. Теоретична постановка на разглеждания проблем

Преходът на системата от едно състояние в друго се определя от потока на отказите и възстановяванията на един или друг елемент [3]. Всеки от тях се характеризира със средно време между отказите T_{oi} и интензивността λ_{ij} , средно време за възстановяване T_{vi} и интензивност на възстановяване μ_{ij} , като:

$$(1) \quad \lambda_{ij} = \frac{1}{T_{oi}} \text{ и } \mu_{ij} = \frac{1}{T_{vi}}$$

Това позволява построяването на граф, описващ състоянието на системата, показан на фигура 1.



Фиг. 1. Граф на състоянията

Характерът на прехода на дадена система от едно състояние в друго е марковски и всяко следващо поведение на системата зависи само от настоящото състояние и не зависи от миналото на процеса. Системата се характеризира с началните вероятностни състояния и с матрицата на вероятностите на прехода от състояние i в състояние j $P_{ij}(t_1, t_2) = P_{ij}(\Delta t)$, която се съставя на базата на графите на състоянията [4].

Предполага се, че P_{ij} е определена за всяко t_1 и $t_2 \geq t_1$. За тези вероятности са характерни условията: $P_{ij}(\Delta t)$

$$1 \quad \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{ij}(\Delta t)}{\Delta t} = \begin{cases} 0 & i \neq j \\ \lambda_{ij} & i = j \end{cases}$$

$$(2) \quad \sum P_{ij}(\Delta t) = 1 \text{ за всяко } i$$

Процесът на функциониране на системата е еднороден и ергодичен (след краен брой стъпки може да се премине от всяко състояние към кое да е друго), като за две кои и да са състояния i и j може да се намери такова $t > 0$, за да се намери вероятността $P_{ij}(t) > 0$ (вероятност на състоянието), системата в даден момент да се намира в състояние i . Сумата от вероятностите за престой на системата във всички възможни състояния n и за всеки момент от време t е единица:

$$(3) \quad \sum_{i=1}^n P_i(t) = P_1(t) + P_2(t) + \dots + P_n(t) = 1$$

За да се намерят вероятностите $P_1(t)$, $P_2(t)$, ..., $P_n(t)$ е необходимо да се знаят интензивностите на прехода от едно състояние i в друго състояние j - λ_{ij} . Под интензивност на прехода се разбира относителната вероятност:

$$(4) \quad \lambda_{ij} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{ij}(\Delta t)}{\Delta t}, \quad j \neq i.$$

За малък интервал от време:

$$(5) \quad P_{ij}(\Delta t) = \lambda_{ij} * \Delta t \text{ и } P_{ji}(\Delta t) = \mu_{ji} * \Delta t$$

Вероятността $P_{ij}(\Delta t)$ системата да остане в i -то състояние се определя като вероятност за събитието, допълващо събитията от всички възможни преходи от това състояние към другите $j \neq i$:

$$(6) \quad P_{ij}(\Delta t) = 1 - \sum \lambda_{ij} * \Delta t$$

Тогава получаваме:

$$P_i(\Delta t) = \begin{cases} \lambda_i * \Delta t & i \neq 1 \\ 1 - \sum_{j \neq i} \lambda_{ij} * \Delta t & i = 1 \end{cases}$$

При положение, че е построен графът на състоянията и са известни интензивностите на прехода от състояние в състояние, вероятностите $P_{ij}(t)$ могат да се определят, като се направи математически модел с помощта на линейните уравнения на Колмогоров:

$$\begin{cases} \frac{d P_1(t)}{d t} = - \sum_j \lambda_{1j} * P_1(t) + \lambda_{21} * P_2(t) + \dots + \lambda_{n1} * P_n(t) \\ \frac{d P_2(t)}{d t} = \lambda_{21} * P_1(t) - \sum_j \lambda_{2j} * P_2(t) + \dots + \lambda_{2n} * P_n(t) \\ \dots \\ \frac{d P_n(t)}{d t} = \lambda_{n1} * P_1(t) + \lambda_{n2} * P_2(t) + \dots - \sum_j \lambda_{nj} * P_n(t) \end{cases}$$

Системата уравнения може да се запише по следния начин:

$$(7) \quad \frac{d \bar{P}(t)}{d t} = |A| * \bar{P}(t)$$

където:

$\bar{P}(t)$ е векторът на вероятностните състояния на системата за момент от време t ;

$|A|$ е матрицата на преходните интензивности:

$$|A| = \begin{vmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{n1} & \lambda_{n2} & \dots & \lambda_{nn} \end{vmatrix}$$

За елементите и е характерно:

- елемент λ_{ij} е равен на интензивността на прехода от състояние i в състояние j , като неговият симетричен елемент спрямо диагонала на матрицата λ_{ji} характеризира прехода от j -то състояние към i -то такава;
- елемент λ_{ii} е отрицателната сума от интензивностите на прехода от състояние i към всички останали състояния. Тези елементи изграждат диагонала на матрицата, а именно

$$\lambda_{ii} = - \sum_{j \neq i} \lambda_{ij}.$$

За да се реши системата уравнения трябва да са известни началните условия, като $P_i(0)$, където $i = 1, 2, 3, \dots, n$ състояния на системата в началния момент от време $t = 0$. Решавайки системата уравнения при началните условия $P_i(0)$ се определят вероятностите на състоянията $P_i(t)$, в който и да е момент от време t .

Тогава:

$$(8) \quad \sum_{i=1}^n \lambda_{ij} * P_i = 0,$$

където $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$$\begin{pmatrix} -(\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15} + \lambda_{16} + \lambda_{17} + \lambda_{18}) \dots \lambda_{12} \dots \lambda_{13} \dots \lambda_{14} \dots \lambda_{15} \\ \dots \lambda_{16} \dots \lambda_{17} \dots \lambda_{18} \\ \dots \mu_{21} \dots \mu_{21} \dots 0 \dots 0 \dots 0 \\ \dots 0 \dots 0 \dots 0 \\ \dots \mu_{31} \dots \lambda_{32} \dots -(\lambda_{32} + \mu_{31}) \dots 0 \dots 0 \\ \dots 0 \dots 0 \dots 0 \\ \dots \mu_{41} \dots 0 \dots \lambda_{43} \dots -(\lambda_{43} + \mu_{41} + \lambda_{43}) \dots \lambda_{43} \\ \dots 0 \dots 0 \dots 0 \\ \dots \mu_{51} \dots 0 \dots 0 \dots 0 \dots -\mu_{51} \\ \dots 0 \dots 0 \dots 0 \\ \dots \mu_{61} \dots 0 \dots 0 \dots 0 \dots 0 \\ -(\lambda_{67} + \mu_{61}) \dots \lambda_{67} \dots 0 \\ \dots \mu_{71} \dots 0 \dots 0 \dots \lambda_{74} \dots 0 \\ \dots 0 \dots -(\lambda_{74} + \mu_{71}) \dots 0 \\ \dots \mu_{81} \dots 0 \dots 0 \dots 0 \dots 0 \\ \dots 0 \dots 0 \dots -\mu_{81} \end{pmatrix}$$

Решавайки системата линейни уравнения по отношение на P_i

за $i = 1 \dots 8$ и при условие, че: $\sum_{i=1}^8 P_i = 1$ получаваме стойностите за вероятностите на системата.

$$\begin{pmatrix} -P_1 * (\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15} + \lambda_{16} + \lambda_{17} + \lambda_{18}) + P_2 * \mu_{21} + P_3 * \mu_{31} + P_4 * \mu_{41} + P_5 * \mu_{51} + \\ + P_6 * \mu_{61} + P_7 * \mu_{71} + P_8 * \mu_{81} = 0 \\ P_1 * \lambda_{12} - P_2 * \mu_{21} + P_3 * \lambda_{32} = 0 \\ P_1 * \lambda_{13} - P_3 * (\lambda_{32} + \mu_{31}) + P_4 * \lambda_{43} = 0 \\ P_1 * \lambda_{14} - P_4 * (\lambda_{43} + \mu_{41} + \lambda_{43}) + P_7 * \lambda_{74} = 0 \\ P_1 * \lambda_{15} + P_4 * \lambda_{45} - P_5 * \mu_{51} = 0 \\ P_1 * \lambda_{16} - P_6 * (\lambda_{67} + \mu_{61}) = 0 \\ P_1 * \lambda_{17} + P_6 * \lambda_{67} - P_7 * (\lambda_{74} + \mu_{71}) = 0 \\ P_1 * \lambda_{18} - P_8 * \mu_{81} = 0 \end{pmatrix}$$

С получените данни заместяваме във формулите за вероятностите и получаваме реалните стойности за тях.

$$\begin{matrix} P_1 = 0,9920267; & P_2 = 0,0009133; & P_3 = 0,0001842; \\ P_4 = 0,00557063; & P_5 = 0,0000086; & P_6 = 0,0003139; \\ P_7 = 0,0002856; & & P_8 = 0,0005479. \end{matrix}$$

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За увеличаване надеждността при управление и експлоатация на транспортните средства е необходимо подобряване на оборудването и вътрешния интериор, ергономичност на пулта за управление, естетически дизайн на кабината и обезпечаване на оптимално ползване на оператора. Повишаването на надеждността при взаимодействието на човекът-оператор с техническите средства за управление има значение не само заради голямата натовареност и отговорност, но и заради високите изисквания за качество в неговата работа. Надеждността в работата на човека се определя както от неговите специфични индивидуални психически качества, така и от целостта и надеждността на останалите елементи на системата – състояние на техническите средства и експлоатационна обстановка. Вероятността е, че тази работа или поставена задача ще бъде изпълнена успешно в течение на определено време и при определени условия. Тя съдържа три основни свойства: безотказност; бързо възстановяване на силите; устойчивост и издръжливост.

Литература

1. Георгиев Н., Хаджиев Е., „Исследование причин аварий и ошибок субъективного фактора в эксплуатации транспорта“, Киев, Украина, 2011, 283 р.
2. Георгиев, Н., Относно концепцията за системна безопасност на железопътния транспорт. Механика, транспорт, комуникации, 2011, 12 р.
3. Георгиев Н., Хаджиев Е., „Ергономичен аспект на надеждността и безопасността в транспорта – същност, проблеми, задачи на теорията и практиката“, 19-та Международна конференция "trans&motauto'11", 2011, 32р.
4. Георгиев, Н., Основи на теорията на надеждността, София 2009, 202 р.