

**Модель процесса автоматизированного принятия решений при анализе чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте**

УДК 614.86

Абуова А.К.

Казахский университет путей сообщения, akbala86@gmail.com

**Введение.** Подготовка, принятие и реализация управленческих решений по ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) и техногенных аварий (ТГА) на железнодорожном транспорте (ЖДТ) в максимально возможные короткие сроки является первостепенной задачей для управления ЖДТ. В целях сокращения времени на выработку и принятие обоснованного решения обоснована необходимость применения интеллектуальных компьютерных технологий для автоматизации процесса анализа ЧС на ЖДТ с автоматической генерацией рекомендаций руководителям по их ликвидации.

**Основной материал.** Для анализа возможностей выполнения СППР задач, стоящих перед руководителями служб, занимающихся ликвидацией ЧС на ЖДТ, они были формализованы для последующего синтеза моделей. Информационная модель ситуации представлена на рисунке 1.

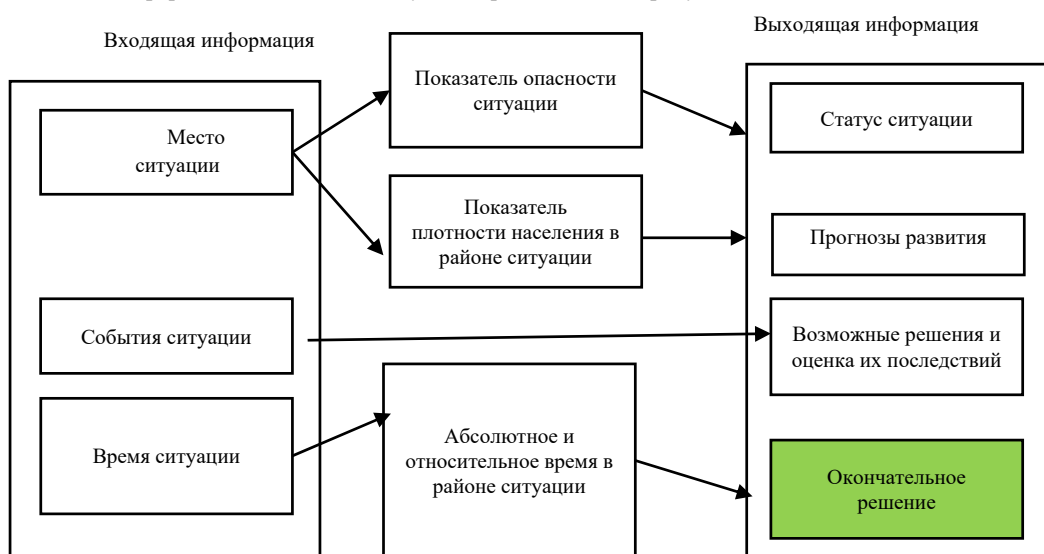


Рис. 1. – Информационная модель оценки ситуации, связанной с ликвидацией последствий аварии или ЧС на ж.д.

Место ситуации  $V$  характеризуется следующими параметрами:  $v_1$  — показатель, определяющий плотность заселенности района (местности) в котором произошло ЧС на ЖДТ. Чем более людно место ЧП, тем большее значение имеет  $v_1$ ;  $v_2$  — показатель, определяющий наличие на месте ЧП зданий, сооружений, учреждений с повышенным уровнем опасности. Значение  $v_2$  зависит от уровня опасности сооружений и их количества;  $v_3$  — географическое расположение места ЧП. В итоге получим:  $V = \{v_1, v_2, v_3\}$ .

Множество событий, описывающих ЧС на ЖДТ обозначим  $P$ :  $P = \{p_1, \dots, p_a\}, a = \overline{1, O}$ , где  $p_a$  — отдельное событие, которое характеризует ЧС;  $O$  — общее возможное количество событий в процессе развития ЧС.

Время возникновения ЧС состоит из двух величин:  $C = \{c_1, c_2\}$ , где  $c_1$  — абсолютное время возникновения ЧС, которое определяется датой и временем начала ЧС;  $c_2$  — относительное время ЧС, т.е. промежуток времени который прошел от начала ЧС до момента поступления сообщения о ней.

Абсолютное время ситуации имеет отношение к количеству лиц, которые могут быть участниками или свидетелями ЧС и описывается двумя параметрами: время года ( $c_{1,1}$ ) и время суток ( $c_{1,2}$ ). Таким образом:  $c_1 = \{c_{1,1}, c_{1,2}\}$ .

Количество лиц, которые могут быть свидетелями ЧС, характеризуется показателем  $K$ , который зависит от показателей  $V, C$ . Значение  $K$  возрастает с увеличением возможного количества человек. Статус ситуации  $S$  зависит от ее развития, если  $S \rightarrow \min$ , то ситуация является штатной, и, если  $S \rightarrow \max$ , то ситуация является чрезвычайной.

Множество типов ситуации обозначим  $T$ ,  $T = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$ , где  $t_1$  — показатель ситуации, который определяет необходимость привлечения

аварийных бригад ЖД;  $t_2$  – военнослужащих  $t_3$  – групп немедленного реагирования (ГНР) или следственно-оперативной группы (СОГ);  $t_4$  – применение других действий, не связанных с привлечением вышеупомянутых сил и средств.

В случае необходимости привлечения определенного вида сил, значение соответствующего показателя увеличивается, в противном случае – уменьшается.

Множество возможных решений для ликвидации ЧС обозначим как  $R$ ,  $R = \{r_j\}$ ,  $j = \overline{1, q}$ , где  $r_j$  – одно из возможных решений конкретной ситуации;  $q$  – общее возможное количество решений.

Формализованное представление модели для задач распознавания ситуаций и принятия первичных решений опишем так:

$$\begin{aligned}
 & r_j \in R_1, \text{ if } S \rightarrow \max \\
 & r_j \in R_2, \text{ if } t_1 \rightarrow \max, \quad S, t_2, t_3, t_4 \rightarrow \min \\
 & r_j \in R_2 \cup R_3, \text{ if } t_1, t_2 \rightarrow \max, \quad S, t_3, t_4 \rightarrow \min \\
 & r_j \in R_2 \cup R_4, \text{ if } t_1, t_3 \rightarrow \max, \quad S, t_2, t_4 \rightarrow \min \\
 & r_j \in R_2 \cup R_3 \cup R_4, \text{ if } t_1, t_2, t_3 \rightarrow \max, \quad S, t_4 \rightarrow \min \\
 & r_j \in R_5, \text{ if } t_4 \rightarrow \max
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $R_1$  – множество решений о признании ситуации чрезвычайной;  $R_2$  – множество решений о привлечении аварийных бригад ЖД  $R_2 = \{r_{2,1}, \dots, r_{2,f}\}$ ,  $f = \overline{1, h}$ ;  $r_{2,f}$  – решение о привлечении соответствующих аварийных бригад ЖД;  $h$  – максимальное количество аварийных бригад ЖД на участке, где работает ЛПР;  $R_3$  – множество решений о привлечении военнослужащих для ликвидации ЧС на ЖД;  $R_3 = \{r_{3,1}, \dots, r_{3,e}\}$ ,  $e = \overline{1, g}$ ;  $r_{3,e}$  – решение о привлечении соответствующего отряда (группы отрядов) военнослужащих для ликвидации ЧС на ЖД;  $g$  – максимальное количество военнослужащих для ликвидации ЧС на ЖД на участке, где работает ЛПР;  $R_4$  – решение о привлечении ГНР или СОГ  $R_4 = \{r_{4,1}, r_{4,2}\}$ ;  $r_{4,1}$  – решение о

привлечении ГНР;  $r_{4,2}$  – решение о привлечении СОГ;  $R_5$  – множество решений о признании ситуацию такой, что не требует привлечения дополнительных сил и средств,  $R_5 = \{r_5\}$ .

Прогнозированием развития ситуации будем считать определение развития оперативной обстановки во времени, а именно, как изменятся место ЧС и события, ее характеризующие.

Множество последствий принятого решения  $N$  выглядит так:  $N = \{n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6\}$ , где  $n_1$  – успешное завершение ситуации ( $n_1 \rightarrow \max$ ) или наоборот ( $n_1 \rightarrow \min$ );  $n_2$  – переход ситуации в чрезвычайное положение ( $n_2 \rightarrow \max$ ) или наоборот ( $n_2 \rightarrow \min$ );  $n_3$  – достаточность задействованных сил и средств, если задействованных сил и средств достаточно, то  $n_3 \rightarrow \max$ , если необходимо привлечь еще дополнительные силы  $n_3 \rightarrow \min$ ;  $n_4$  – убытки от ЧС на ЖД и людские жертвы  $n_4 = [n_{4,1}, n_{4,2}, n_{4,3}]$ ,  $n_{4,1}$  – количество физических потерь,  $n_{4,2}$  – количество материальных убытков;  $n_{4,3}$  – количество морального ущерба, с ростом количества соответствующих потерь  $n_{4,1}, n_{4,2}, n_{4,3} \rightarrow \max$ , с уменьшением  $n_{4,1}, n_{4,2}, n_{4,3} \rightarrow \min$ ;  $n_5$  – возможное количество потерь для стороны ликвидирующей ЧС на ЖД  $n_5 = [n_{5,1}, n_{5,2}]$ ;  $n_{5,1}$  – количество физических потерь среди личного состава стороны ликвидирующей ЧС;  $n_{5,2}$  – количество материальных убытков, с ростом количества соответствующих потерь  $n_{5,1}, n_{5,2} \rightarrow \max$ , с уменьшением  $n_{5,1}, n_{5,2} \rightarrow \min$ ;  $n_6$  – время, за которое ситуация может быть решена. Чем быстрее будет решена ситуация, тем меньшее значение имеет  $n_6$ . В случае, если ситуация не может быть решена успешно или она переходит в чрезвычайное положение,  $n_6 \rightarrow \max$

Формализованное представление модели в задачах прогнозирования развития ситуаций и определения последствий первоначальных решений представлено ниже.

$$\begin{aligned}
 n_1 &= (((p_{n_1w} \setminus p_{n_1u}) \setminus p_{sw}), (v_{3n_1w} \setminus v_{3n_1u}), v_1, v_2, c_{1,1}, c_{1,2}, c_2), r_j); \\
 n_2 &= ((p_{sw}, v_2, v_1, c_{1,1}, c_{1,2}), r_j); \\
 n_3 &= (((p_{n_3w} \setminus p_{n_3u}), (v_{3n_3w} \setminus v_{3n_3u})), r_j); \\
 n_4 &= (((p_{n_4w} \setminus p_{n_4u}), v_1, c_{1,1}, c_{1,2}), r_j); \\
 n_5 &= ((p_{n_5w} \setminus p_{n_5u}), r_j); \\
 n_6 &= ((p_{sw}, v_2, v_1, c_{1,1}, c_{1,2}), r_j), \text{ if } v_2, v_1, c_{1,1}, c_{1,2} \rightarrow \\
 &\rightarrow \max, c_2 \rightarrow \min, p_{sw} \neq 0; \\
 n_6 &= (((p_{n_1u} \setminus p_{n_1w}), (v_{3n_1u} \setminus v_{3n_1w}), c_2), r_j), \text{ if } c_2 \rightarrow \\
 &\rightarrow \max; p_{n_1u} \neq 0, v_{3n_1u} \neq 0; \\
 &(2)
 \end{aligned}$$

где "\" - разность множеств;  $P_{n_1w}, P_{n_3w}, P_{n_4w}, P_{n_5w}$  - события, которые при применении решения  $r_j$  способствуют высокому значению соответствующего последствия;  $P_{n_1u}, P_{n_3u}, P_{n_4u}, P_{n_5u}$  - события, которые при применении решения  $r_j$  не способствуют высокому значению соответствующего последствия;  $P_{s,w}$  - события, которые при применении решения  $r_j$  способствуют переходу ситуации в чрезвычайную;  $V_{3n_1w}, V_{3n_3w}$  - места ситуации, которые при применении решения  $r_j$  способствуют высокому значению соответствующего последствия;  $V_{3n_1u}, V_{3n_3u}$  - места ситуации, которые при применении решения  $r_j$  не способствуют высокому значению соответствующего последствия.

Для решения задач распознавания и оценивания ситуации на ЖДТ и принятия первичных решений по прогнозированию развития ситуации и определения последствий первичных решений предложено использовать аппарат искусственных нейронных сетей. Выбор этого аппарата мотивирован тем, что рассмотренные задачи относятся к слабо формализуемым. Таким задачам присуще большое количество возможных решений, а их исходные данные могут быть неточными, ошибочными или противоречивыми.

Выводы: обоснована необходимость применения интеллектуальных компьютерных технологий для автоматизации процесса анализа ЧС на ЖДТ с

автоматической генерацией рекомендаций руководителям (лицам, принимающим решение – ЛПР) по их ликвидации в целях сокращения времени на выработку и принятие обоснованного решения и проведена детализация задач, выполняемых ЛПР после поступления информации о ситуации. На основе детализированных задач, предложена концептуальную модель процесса принятия решения о ликвидации последствий ЧС на ЖД;

разработано новое формализованное описание модели для задач распознавания ситуации и принятия первоначальных решений. Модель отличается от известных тем, что в ней учитываются информационные зависимости параметров ситуации, которые доступны ЛПР. Это дает возможность формализовать процесс принятия решений по распознаванию и прогнозированию ситуации.

*Научный руководитель – д.т.н., профессор, Лахно Валерий Анатольевич  
д.т.н., профессор, Ахметов Бахытжан Сражатдинович*