

*П.Ю. Бородич, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,
Р.В. Пономаренко, к.т.н., с.н.с., заст. нач. каф., НУЦЗУ*

**ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
РЯТУВАННЯ ПОСТРАЖДАЛОГО З ТРЕТЬОГО ПОВЕРХУ
З ВИКОРИСТАННЯМ ПОХИЛОЇ ПЕРЕПРАВИ
ЗА ДОПОМОГОЮ НРВ-1**

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Е.Ю.)

Запропонована імітаційна модель рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою нош рятувальних вогнезахисних. Проведено її аналіз та визначено критичний шлях. Надані рекомендації по підвищенню ефективності даного процесу.

Ключові слова: мережева модель, критичний шлях, ноші рятувальні вогнезахисні.

Постановка проблеми. Одним з основних завдань Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту (ОРС ЦЗ) Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України) є рятування людей в умовах виникнення надзвичайних ситуацій [1]. Згідно аналізу статистичних даних [2] в 2015 році на території України більшість пожеж сталася в житловому секторі, а це автоматично супроводжується необхідністю рятування великої кількості постраждалих. Особливу небезпеку викликають багатоповерхові житлові будинки, що пов'язано з імовірністю виникнення ситуації, коли люди будуть заблоковані на високих поверхах, а доступ до будівель автодрабин може бути ускладнений наявністю стоянок для автомобілів, посадженими деревами та інше. В цьому випадку одним із способів рятування людей може бути використання похилої переправи, особливо якщо людина поранена та не може рухатися. Однак на відміну від більшості оперативних дій ОРС ЦЗ ДСНС України [3,4,5] даний процес належним чином не розглянутий. Тому дослідження процесу рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою нош рятувальних вогнезахисних є актуальною задачею, яку можна вирішити використовуючи імітаційне моделювання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В [6] пропонується для моделювання діяльності особового складу газодимозахисної служби при роботі зі спеціальною технікою використовувати мережеві моделі. Однак в цих роботах не розглянуті особливості рятування постраждалих з поверхів з використанням похилої переправи за допомогою нош рятувальних вогнезахисних.

В [7] було розглянуто рятування постраждалого з приміщення за допомогою нош рятувальних вогнезахисних, але в цій роботі не розглядалися особливості рятування з висоти.

Постановка завдання та його вирішення. Виходячи з цього, була поставлена задача побудувати імітаційну модель рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою нош рятувальних вогнезахисних (НРВ-1), з використанням мережевої моделі. Імітаційна модель представлена на рисунку 1. Початком є команда старшого начальника «Відділення, до рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою нош рятувальних вогнезахисних – приступити!», закінчується модель подією «Відділення шикуються біля пожежно-рятувального автомобіля». Всі дії даного процесу наведені в таблиці 1.

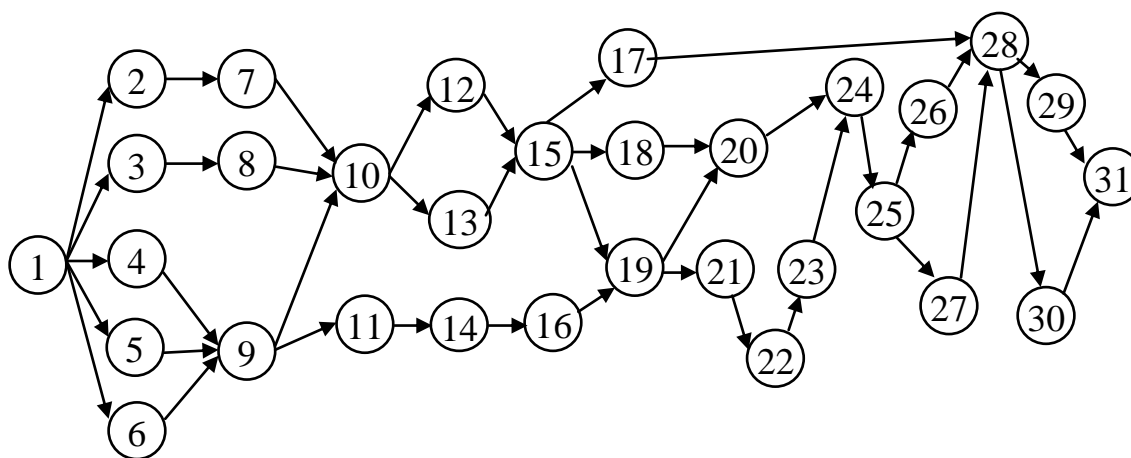


Рис. 1. Імітаційна модель рятування постраждалого з приміщення за допомогою НРВ-1

Дослідження даного процесу проводилися під час занять з пожежно-рятувальної підготовки з курсантами Національного університету цивільного захисту України, де були встановлені мінімальні $t_{\min i}$ та максимальні $t_{\max i}$ значення часу виконання окремих дій.

Математичне очікування було розраховано

$$\bar{t}_i = \frac{(t_{\max i} + t_{\min i})}{2} \quad (1)$$

Враховуючи те, що для одновершинних розподілів середньоквадратичне відхилення приблизно дорівнює 1/6 інтервалу, на якому розглядається розподіл [8, 9], дана оцінка розраховується як

$$\sigma_i \approx \frac{t_{i \max} - t_{i \min}}{6} \quad (2)$$

Табл. 1. Аналіз окремих дій оперативного розрахунку при рятуванні постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою НРВ-1

№ з/п	Операція	Опис операції	$t_{\min i, c}$	$t_{\max i, c}$	$t_{\text{сеп } i, c}$	$\sigma_{i, c}$	$\sigma_{i, c}^2$
1.	1-2	Рятувальник №4 встановлює пост безпеки	40	80	45	5,0	25
2.	1-3	Рятувальник №1 одягає захисний дихальний апарат, виконує оперативну перевірку та включається в нього	50	100	75	8,3	69,4
3.	1-4	Рятувальник №2 одягає захисний дихальний апарат, виконує оперативну перевірку та включається в нього	50	100	75	8,3	69,4
4.	1-5	Рятувальник №3 одягає захисний дихальний апарат, виконує оперативну перевірку та включається в нього	50	100	75	8,3	69,4
5.	1-6	Рятувальник №5 залазить в кабіну пожежно-рятувального автомобіля та від'єднує НРВ-1	15	40	27,5	4,2	17,4
6.	2-7	Рятувальник №4 проводить розрахунки часу перебування газодимозахисників в непридатному для дихання середовищі та готує зв'язку	15	30	20	3,3	11,1
7.	3-8	Рятувальник №1 бере засоби освітлення, зв'язку та необхідне пожежно-технічне обладнання	7	18	12,5	1,8	3,4
8.	4-9	Рятувальник №2 приймає НРВ-1 від рятувальника №5	5	20	12,5	2,5	6,3
9.	5-9	Рятувальник №3 допомагає приймати рятувальнику №2 НРВ-1 від рятувальника №5	5	20	12,5	2,5	6,3
10.	6-9	Рятувальник №5 передає рятувальнику №2 та рятувальнику №3 НРВ-1	5	20	12,5	2,5	6,3
11.	7-10	Рятувальник №4 з'єднує ланку ГДЗС зв'язкою	15	40	22,5	2,5	6,3
12.	8-10	Рятувальник №1 займає місце командира ланки	3	10	6,5	1,2	1,4
13.	9-10	Рятувальник №2 та рятувальник №3 переносять НРВ-1 та займають місце в ланці ГДЗС	5	15	10	1,7	2,8
14.	9-11	Рятувальник №5 вилазить з кабіни пожежно-рятувального автомобіля	4	12	8	1,3	1,8
15.	10-12	Рятувальник № 4 займає місце на посту безпеки	3	10	6,5	1,2	1,4
16.	10-13	Рятувальник №1, рятувальник №2 та рятувальник №3 у складі ланки ГДЗС проводять розвідку з пошуком постраждалого	180	600	390	70,0	4900
17.	11-14	Рятувальник №5 займає місце біля поста безпеки	3	10	6,5	1,2	1,4
18.	12-15	Рятувальник № 4 веде радіообмін з командиром ланки	10	40	25	5,0	25,0
19.	13-15	Командир ланки (рятувальник №1) доповідає постовому на посту безпеки (рятувальник №4) про знайденого постраждалого, рятувальник №2 та рятувальник №3 надягають на постраждалого саморятувальник ІГІС-25	10	50	25	5,0	25,0
20.	14-16	Рятувальник №5 підходить під вікно, з якого буде організовано переправу	5	10	7,5	0,8	0,7
21.	15-17	Рятувальник № 4 записує дані в Журнал обліку роботи ланок ГДЗС	10	30	20	3,3	11,1
22.	15-18	Рятувальник №1 починає організацію переправи шляхом закріплення одного кінця робочого канату за основну опору	5	15	10	1,7	2,8
23.	15-19	Рятувальник №2 та рятувальник №3 здійснюють спуск ненавантажених канатів рятувальнику №5	5	15	10	1,7	2,8

Табл. 1. Аналіз окремих дій оперативного розрахунку при рятуванні постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою НРВ-1 (продовження)

№ з/п	Операція	Опис операції	$t_{\min i, c}$	$t_{\max i, c}$	$t_{\text{ср } i, c}$	σ_i, c	σ_i^2, c^2
24.	16-19	Рятувальник №5 приймає ненавантажені канати	3	10	6,5	1,2	1,4
25.	18-20	Рятувальник №1 кріпить страховий канат до НРВ-1	5	15	10	1,7	2,8
26.	19-20	Рятувальник №2 та рятувальник №3 укладають потерпілого на НРВ-1	90	200	145	18,3	336
27.	19-21	Рятувальник №5 організовує на другому кінці робочого канату систему поліспасти	90	150	90	10	100
28.	21-22	Рятувальник №5 натягує робочий канат за допомогою системи поліспасти	45	75	60	5,0	25,0
29.	22-23	Рятувальник №5 знімає систему поліспасти	10	20	15	1,7	2,8
30.	20-24	Рятувальник №1, рятувальник №2 та рятувальник №3 виносять НРВ-1 з потерпілим на підвіконня	20	40	30	3,3	11,1
31.	23-24	Рятувальник №5 підіймає руку догори для сповіщення рятувальника №1, рятувальника №2 та рятувальника №3 про те, що робочий канат готовий	1	3	2	0,3	0,1
32.	24-25	Рятувальник №2 та рятувальник №3 відпускають НРВ-1 з потерпілим на робочий канат, а рятувальник №5 слідкує за станом робочого канату	8	15	11,5	1,2	1,4
33.	25-26	Рятувальник №5 слідкує за спуском постраждалого	25	40	32,5	2,5	6,3
34.	25-27	Рятувальник №1 проводить спуск НРВ-1 з потерпілим з використанням страхового канату	25	40	32,5	2,5	6,3
35.	17-28	Рятувальник №4 допомагає рятувальнику №5 зняти НРВ-1 з робочого канату	20	30	25	1,7	2,8
36.	26-28	Рятувальник №5 знімає НРВ-1 з робочого канату	20	30	25	1,7	2,8
37.	27-28	Рятувальник №1, рятувальник №2 та рятувальник №3 слідкують з тим як рятувальник №5 та рятувальник №4 знімають НРВ-1 з робочого канату	20	30	25	1,7	2,8
38.	28-29	Рятувальник №4 та рятувальник №5 встановлюють НРВ-1 з потерпілим в безпечному місті, від'єднують постраждалого з НРВ-1 та знімають з нього саморятувальник ІГІС-25	40	90	20	3,3	11,1
39.	28-30	Рятувальник №1, рятувальник №2 та рятувальник №3 у складі ланки ГДЗС рухаються на свіже повітря	90	180	135	15,0	225
40.	29-31	Рятувальник №4 та рятувальник №5 шикуються біля пожежно-рятувального автомобіля	5	20	12,5	2,5	6,3
41.	30-31	Рятувальник №1, рятувальник №2 та рятувальник №3 шикуються біля пожежно-рятувального автомобіля	10	30	20	3,3	11,1

Використавши отримані результати, були розраховані [9] основні параметри мережевої моделі (табл. 2).

Для визначення критичного шляху імітаційної моделі були розраховані значення математичного очікування (3) та дисперсії (4) критичного шляху.

Табл. 2. Параметри мережевої моделі рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою НРВ-1

Операція	t_i, c	Ранній час		Пізній час		Резерв часу R, c
		$t_{i.p.p.}, c$	$t_{i.p.z.}, c$	$t_{i.p.p.}, c$	$t_{i.p.z.}, c$	
1-4	75	0	75	0	75	0
1-5	75	0	75	0	75	0
4-9	12,5	75	87,5	75	87,5	0
5-9	12,5	75	87,5	75	87,5	0
9-10	10	87,5	97,5	87,5	97,5	0
10-13	390	97,5	487,5	97,5	487,5	0
13-15	25	487,5	512,5	487,5	512,5	0
15-19	10	512,5	522,5	512,5	522,5	0
19-20	145	522,5	667,5	522,5	667,5	0
20-24	30	667,5	697,5	667,5	697,5	0
24-25	11,5	697,5	709	697,5	709	0
25-27	32,5	709	741,5	709	741,5	0
27-28	25	741,5	766,5	741,5	766,5	0
28-30	135	766,5	901,5	766,5	901,5	0
30-31	20	901,5	921,5	901,5	921,5	0
1-3	75	0	75	3,5	78,5	3,5
3-8	12,5	75	87,5	78,5	91	3,5
8-10	6,5	87,5	94	91	97,5	3,5
10-13	390	97,5	487,5	97,5	487,5	0
13-15	25	487,5	512,5	487,5	512,5	0
15-18	10	512,5	522,5	647,5	657,5	135
18-20	10	522,5	532,5	657,5	667,5	135
20-24	30	667,5	697,5	667,5	697,5	0
24-25	11,5	697,5	709	697,5	709	0
25-27	32,5	709	741,5	709	741,5	0
27-28	25	741,5	766,5	741,5	766,5	0
28-30	135	766,5	901,5	766,5	901,5	0
30-31	20	901,5	921,5	901,5	921,5	0
1-6	27,5	0	27,5	47,5	75	47,5
6-9	12,5	75	87,5	75	87,5	0
9-11	8	87,5	95,5	498	506	410,5
11-14	6,5	95,5	102	506	512,5	410,5
14-16	7,5	512,5	520	515	522,5	2,5
16-19	6,5	522,5	529	524	530,5	1,5
19-21	90	529	619	530,5	620,5	1,5
21-22	60	619	679	620,5	680,5	1,5
22-23	15	679	694	680,5	695,5	1,5
23-24	2	694	696	695,5	697,5	1,5
24-25	11,5	697,5	709	697,5	709	0
25-26	32,5	709	741,5	709	741,5	0
26-28	25	741,5	766,5	864	889	122,5
28-29	20	766,5	786,5	889	909	122,5
29-31	12,5	786,5	799	909	921,5	122,5
1-2	45	0	45	10	55	10
2-7	20	45	65	55	75	10
7-10	22,5	65	87,5	75	97,5	10

Табл. 2. Параметри мережевої моделі рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою НРВ-1 (продовження)

Операція	t_i, c	Ранній час		Пізній час		Резерв часу R, c
		$t_{i.p.p.}, c$	$t_{i.p.z.}, c$	$t_{i.p.p.}, c$	$t_{i.p.z.}, c$	
1-4	75	0	75	0	75	0
10-12	6,5	97,5	104	481	487,5	383,5
12-15	25	487,5	512,5	487,5	512,5	0
15-17	20	512,5	522,5	696,5	716,5	184
17-28	25	522,5	547,5	716,5	741,5	184
28-29	20	766,5	786,5	889	909	122,5
29-31	12,5	786,5	799	909	921,5	122,5

$$\bar{t}(L_{кр}) = \sum \bar{t}_{i_{кр}} = 921,5 c, \quad (3)$$

де $\bar{t}_{i_{кр}}$ – математичне очікування i -ї операції критичного шляху, с.

$$\sigma^2(L_{кр}) = \sum \sigma_i^2 = 5600 c^2, \quad (4)$$

де σ_i^2 – дисперсія i -ї операції критичного шляху.

Тоді середньоквадратичне відхилення критичного шляху буде дорівнюватися $\sigma(L_{кр}) = 74,8 c$.

Критичним в імітаційній моделі рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою НРВ-1 є шлях дій другого та третього номера, які фактично всі дії виконують разом, тобто на них буде найбільша затримка часу. Тому для підвищення ефективності розглянутого процесу необхідно другим та третім номером ставити рятувальників, які пройшли курси з висотної підготовки та ефективно вміють працювати з рятувальними мотузками та висотно-рятувальним обладнанням.

Висновки. Запропонована імітаційна модель рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою НРВ-1 повністю відображає даний процес.

Проведені дослідження критичного шляху та інших параметрів моделі дозволили надати рекомендації по підвищенню ефективності рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою НРВ-1.

Перспективним напрямком подальших досліджень є розробка нормативів для рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою НРВ-1 та дослідження цього процесу вже з їх використанням.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Кодекс. Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К. : Парлам. вид-во, 2013. – 82с.
2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2015 році / Державна служба України з надзвичайних ситуацій. – Офіц. вид. – К.: ДСНС України, 2016. – 365с.
3. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби МНС України : Наказ МНС України № 1342 від 16 грудня 2011р.: М-во надзв. сит. України, 2011. – 56с.
4. Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту : Наказ МНС України № 575 від 13 березня 2012 р. – 178с.
5. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України : Наказ МНС України № 312 від 7 травня 2007 р.: М-во надзв. сит. України, 2007. – 248с.– (Нормативний документ МНС України. Правила).
6. Ковалев П.А. Обоснование способов совершенствования деятельности газодымозащитников: Дис. канд. техн. наук: 21.06.02 / Ковалев Павел Анатольевич. – Х., 1997. – 153с.
7. Борподич П.Ю. Імітаційне моделювання рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних / П.Ю. Бородич, Р.В. Пономаренко, П.А. Ковальов // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Вип. 22. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – С. 8-13. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol22/Borodich.pdf>.
8. Стрелец В.М. Экспертные оценки профессионально важных качеств пожарных / В.М. Стрелец, Д.Ю. Каскевич // Проблемы пожарной безопасности. – Вып. 5. – Х.: ХИПБ, 1999. – С. 183-185.
9. Экспертные системы: состояние и перспективы: Сб. науч. тр. // АН СССР, Ин-т проблем передачи информации: Отв. ред. Д.А. Поспелов. – М.: Наука, 1989. – С. 152.

П.Ю. Бородич, Р.В. Пономаренко

Имитационное моделирование спасания пострадавшего с третьего этажа с использованием наклонной переправы с помощью НРВ-1

Предложенная имитационная модель спасания пострадавшего с третьего этажа с использованием наклонной переправы с помощью носилок спасательных огнезащитных. Проведен ее анализ и определен критический путь. Даны рекомендации по повышению эффективности данного процесса.

Ключевые слова: сетевая модель, критический путь, носилки спасательные огнезащитные.

P.Yu. Borodich, R.V. Ponomarenko

Simulation rescue the victim from the third floor with sloping crossing via NRV-1

The proposed simulation model rescue the victim from the third floor with sloping crossing using fireproof rescue stretcher.. An analysis and determined the critical path. Recommendations to improve the efficiency of the process.

Keywords: network model, critical path, rescue stretcher flame retardants.