

## **ПОДХОДЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ЭКСТРЕННОЙ ЭВАКУАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ ИЗ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЧС**

Одним из факторов, влияющих на эффективность проведения экстренной эвакуации населения (ЭЭН), является выбор маршрутов эвакуации. В случае быстроразвивающихся ЧС, таких как масштабный природный пожар или распространение облака при аварийной разгерметизация емкостей во время транспортировки отравляющих химических или радиоактивных веществ, невозможно заранее предугадать пространственно-временную динамику поражающих факторов, поскольку последняя определяется набором случайных компонент – местоположением и конфигурацией очага пожара, направлением и силой ветра, интенсивностью выброса, местом разгерметизации и т.д. Соответственно, заранее невозможно рассчитать зону поражения и, таким образом, исключена возможность заблаговременного составления плана эвакуации.

В зависимости от сценария развития ЧС, дорожная сеть, по которой возможно проведение ЭЭН населенного пункта, оказавшегося в зоне поражения или для которого существует такая угроза, может стать частично либо полностью недоступной. Поскольку зона поражения ЧС носит динамический характер, то и конфигурация доступной для проведения эвакуации транспортной сети также будет динамичной. В связи с этим является актуальным решение задачи оперативного отыскания маршрутов ЭЭН как по доступной динамичной транспортной сети (1), так и в условиях бездорожья (2).

Существующие решения [1-3] задачи (1) предполагает использование методов оптимизации на графах [4], что в свою очередь предполагает задание транспортной сети и наличие прогноза динамики ее связности. Последний может быть получен лишь на основе моделирования динамики конкретной ЧС.

Решение задачи (2) предполагает использование одного из трех вариантов – либо нахождение оптимального пути на решеточном графе, либо вариационного подхода, либо методов имитационного моделирования.

Входными данными при решении задачи (2) является цифровая модель местности (ЦММ) и прогноз развития ЧС.

Для ряда моделей [5-7] характерна дискретизация возможных направлений и шагов перемещения, т.е. реализуется поиск оптимального маршрута на регулярном сетевом графе, что в конечном итоге сводится к решению задачи (1). При этом не учитывается динамический характер ЧС.

Использование вариационного подхода, в частности, для решения задачи отыскания траектории движения с незакрепленным концом, позволяет находить аналитические решения лишь в простейших случаях [8]. В тоже время, отыскание маршрута эвакуации в условиях бездорожья предполагает учет влияния локальных свойств ландшафта и локальных значений поражающих факторов вдоль пути следования на скорость движения колонны при ее эвакуации. Кроме того, динамический характер зоны ЧС приводит к необходимости введения динамических зон запрета для движения. Данные факторы значительно усложняют вариационную задачу уже на этапе ее постановки и формализации.

Поэтому более предпочтительным является использование имитационного подхода, в частности метода «встречной волны» [9].

Существующие реализации [10] данного подхода используют дискретную постановку на растровой области, что выдвигает очень высокие требования к детализации ЦММ, требует обработки большого объема информации и, как следствие, приводит к недостаточной оперативности получения результатов. Кроме того, существующие растровые ЦММ не позволяют учесть ряд факторов, влияющих на выбор маршрута движения. В частности, узкие квазилинейные природные и антропогенные препятствия, такие как рвы, ручьи, насыпи, различного рода ограждения не могут быть адекватно отображены с помощью растровой карты, что в конечном итоге может привести к неверному выбору маршрутов эвакуации в условиях бездорожья для пеших колонн или стихийной эвакуации личным автотранспортом.

Использование в качестве альтернативы растровым ЦММ векторно-функциональных моделей местности (ВФММ) [11] способно решить данную проблему, поскольку последние позволяют с точностью, характерной для векторного способа задания пространственных данных, описать реальную обстановку в зоне ЧС, включая топографию местности и все значимые препятствия. Использование ВФММ и эмпирических зависимостей влияния параметров местности на скорость движения позволяет задать неоднородное поле годографа радиуса-вектора скорости движения колонны или отдельного автосредства и получить оптимальные маршруты эвакуации, используя модифицированный алгоритм «встречной волны». Осуществление временных итераций одновременно позволит при этом учесть динамический характер зоны поражения ЧС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коба К.М. Моделі і методи розв'язання задач маршрутизації при ліквідації наслідків техногенних аварій: Автореф. дисс.... к-та техн. наук / ХНУРЕ. – Харків, 2005. – 19 с.
2. Глушкова В.В. Оптимизация процесса эвакуации населения в случае радиационной аварии / В.В. Глушкова, А.А. Седлецкий, Д.А. Седлецкий // Математические машины и системы. – 1998. - №1. – С. 89-94.
3. Косоруков О.А. Управляющая система проведения эвакуации из крупных городов на основе комплекса оптимизационных математических моделей / О.А. Косоруков, А.И. Овсяник, О.В. Виноградов // Вестник Казанского технологического университета. – Казань: КГТУ. – 2006. - №6. – С. 163-169.
4. Хэмди А. Таха. Введение в исследование операций. М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 912 с.
5. Абрамов Ю.А. Оптимизация маршрута движения в условиях пересеченной местности / Ю.А. Абрамов, А.А. Тарасенко // Науковий вісник будівництва. - 2009. - Вип. 52. – С. 401-407.
6. Данилкин Ф.А. Трассировка маршрута движения по цифровым картам местности / Ф.А. Данилкин, Д.С. Наумов // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. Вып. 31. – Рязань: РГРТУ. – 2010. - № 1. - С.86-88.
7. Снитюк В.Е. Эволюционный метод определения кратчайшего пути проезда пожарного расчета к месту пожара с оптимизированным пространством поиска / В.Е. Снитюк, А.Н. Джулай // XII-th International Conference Knowledge-Dialogue-Solution June 20-25, 2006, Varna (Bulgaria).
8. Гельфанд И.М., Фомин С.В. Вариационное исчисление. М.: И-во физ-мат литературы, 1961. - 227 с.
9. Кемурджиан А.Л. Метод встречных волн в задаче выбора трассы подвижного робота / А.Л. Кемурджиан, А.К. Платонов, В.Н. Каширин и др.// Непринт Института прикладной математики им. Келдыша АН СССР, 1985. №52.
10. Ушанов С.В. Оптимальная маршрутизация при управлении борьбой с лесными пожарами / С.В. Ушанов, О.В. Фадеенков // Хвойные бореальные зоны. - Красноярск: СибГТУ. - 2007. - №4-5, - С. 405-407.
11. Тарасенко О.А. Математичне моделювання вихідних параметрів областей надзвичайних

ситуацій // Проблеми надзвичайних ситуацій.- 2008. – Вип. 8. - С. 185-193.