

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ НА ОСНОВАНИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ

Мулярык А.Р., Сапаева С.Р., Синяева В.И., Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

Аннотация: Настоящая статья рассматривает вопросы обеспечения безопасной эвакуации учащихся и преподавательского состава из здания школы при помощи аппарата сетей Петри. Рассмотренная система моделирования позволяет уменьшить общее время эвакуации, снижает время, затрачиваемое на возможные скопления на наиболее загруженных участках и тем самым повышает систему общей пожарной безопасности.

Ключевые слова: моделирование, безопасная эвакуация, школа, движение людских потоков, индивидуальный пожарный риск, сети Петри.

FIRE SAFETY OF A SECONDARY SCHOOL BUILDING BASED ON SIMULATING THE MOTION OF HUMAN FLOWS

Abstract: This article deals with the problems of ensuring the safe evacuation of students and teaching staff from a school building using Petri net systems. The considered simulation system makes it possible to decrease the total evacuation time, reduces the time of possible stampedes in the most crowded areas, and thereby improves the overall fire safety system.

Keywords: modeling, safe evacuation, school, motion of human flows, individual fire risk, Petri nets.

При возникновении пожара или иной чрезвычайной ситуации в здании или сооружении безопасность людей, находящихся в этом здании или сооружении, в большинстве случаев зависит от своевременности и беспрепятственности эвакуации из него. Движение людских потоков в здании — это основной функциональный процесс, который определяет параметры и размеры эвакуационных путей и выходов, обеспечивая при этом своевременность и безопасность эвакуации. Данные статистики пожаров в общеобразовательных школах неутешительны [1]. Пожарная безопасность школьных зданий определяется ФЗ № 123-ФЗ [2], который устанавливает в качестве одного из главных средств защиты людей устройство эвакуационных проходов, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации школьников и учителей во время пожара.

Кроме того, согласно [2], пожарная безопасность школьных помещений подразумевает систему безопасности — комплекс мер, которые исключают превышение предельного значения допустимого пожарного риска.

Эвакуация из детской общеобразовательной школы считается обеспеченной, если промежуток времени от периода обнаружения пожара до завершения эвакуации школьников и учителей в неопасную зону не превышает времени, необходимого для эвакуации.

Моделирование перемещения людей тесно связано с определением опасных факторов пожара. Взаимосвязь этих расчетов используется при стандартизации путей эвакуации в детских общеобразовательных школах. Любые нормы воспроизводят имеющиеся модели, которые на текущий момент времени есть у разработчиков. В то же время точность интерпретации движения людских потоков с помощью произвольно взятой математической модели зависит от соответствия выбранной теории рассматриваемому явлению.

Часто используемыми моделями движения школьников и учителей при эвакуации являются программы Simulex [3], Pathfinder [4], Building Exodus [5].

Программа Simulex подвергает анализу перемещение большого числа людей в сложно спланированном здании школы, применяет модельную сеть для разбивки схемы школьного здания на отдельные участки-блоки по 0,2 м и дает возможность устанавливать время задержки во время перемещения, а также генерировать значения возраста и пола, что особенно актуально для движения людских потоков в общеобразовательной школе.

Программа Building Exodus воссоздает достаточно большой набор условий и характеристик людей, а также учитывает возможности ориентации людей в здании школы. В программе можно учесть возраст учащихся, их пол, а также скорость передвижения. Building Exodus воспроизводит приостановку движения школьников и учителей в школе при возникновении предельных значений ОФП.

Модель Pathfinder имеет более точный алгоритм движения, который учитывает маневрирование детей в потоке (например, ускорение при наличии свободного пространства или избегание столкновений с другими детьми).

Интерфейс рассмотренных программ движения школьников и учителей при эвакуации представлен на рис. 1.



Рис. 1. Интерфейс программ движения школьников и учителей при эвакуации:
А – Pathfinder; Б – Building Exodus; В – Simulex

Основной проблемой современных компьютерных систем моделирования людских потоков остается невысокий уровень надежности имитации движения школьников и учителей в здании школы. На этот недостаток указывают многие исследователи [6]. В современных моделях не учитывается специфика детских образовательных учреждений. Важнейшая особенность рассматриваемых зданий выражается в том, что дети часто занимаются в разных кабинетах в зависимости от расписания. Соответственно, модель движения должна учитывать нестабильность распределения учеников по учебным классам. Размещение учеников периодически меняется на протяжении всего дня исходя из расписания занятий. Таким образом, возникает проблема зависимости времени суток от эвакуационных планов, что требует синхронизации школьного расписания и свободного движения школьников и учителей при эвакуации.

Решением указанной проблемы может стать метод моделирования перемещения школьников и учителей в зданиях учебных заведений с помощью сетей Петри с применением метода полного перебора в рамках генетического алгоритма [7].

Моделирование при помощи сетей Петри подразумевает передвижение школьников и учителей из одной секции в другую при выполнении условий срабатывания перехода. До момента эвакуации возможно несколько вариантов размещения людей в здании, то есть несколько начальных «разметок». При каждом новом размещении школьников и учителей создается новая разметка.

В рассматриваемом методе моделирования движения школьников и учителей, всё здание школы разбивается на два крупных участка. К первому участку относятся пути перемещения, которые включают в себя коридоры, лестничные клетки и марши. Ко второму участку относятся помещения школы, а именно: учебные классы, лаборатории, спортивные залы и т.д. Пути перемещения разбиваются на более мелкие элементы. Каждому такому элементу присваивается определенный номер в сети Петри. Помещениям школы также присваиваются номера. Пример моделирования участка здания школы в сети Петри представлен на рис. 2.

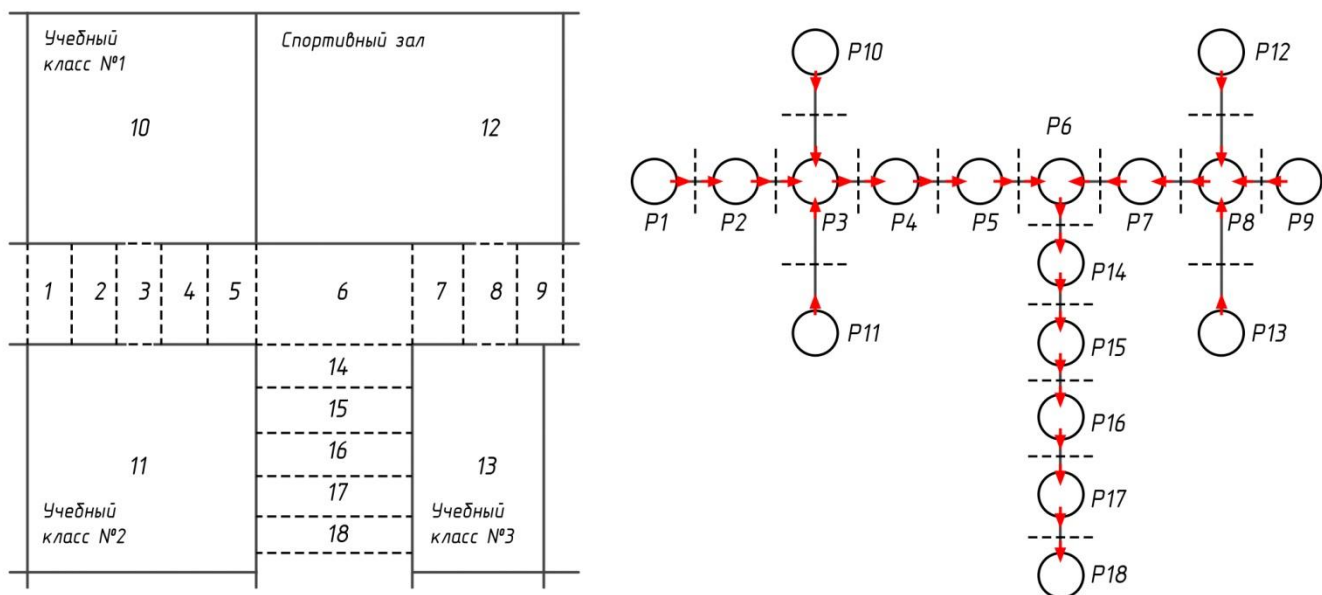


Рис. 2. Пример моделирования участка здания школы в сети Петри

Номерам помещений школы соответствуют номера позиций на схеме в сети Петри. Число элементов, которое переходит из одного положения в другое, устанавливается числом перемещающихся школьников и учителей, а также пропускной способностью конкретного перехода.

Основной задачей моделирования движения людских потоков в здания общеобразовательной школы является определение наилучших вариантов эвакуации учащихся и преподавательского состава, при которых суммарное время выхода из школы будет минимальным.

Нахождение наилучшего варианта подразумевает под собой перебор огромного количества возможных планов эвакуации при заданных имеющихся ограничениях, что возможно реализовать при использовании эволюционных алгоритмов, в частности при помощи генетического алгоритма, который состоит в следующем.

Представляются все возможные сценарии эвакуации школьников и учителей из учебного заведения. Каждый сценарий эвакуации соотносится с базой данных расписания уроков и количестве учащихся в учебных классах. В зависимости от времени, моделирование может быть как четкое – для сценариев, относящихся к урокам, так и нечеткое – для сценариев, относящихся к переменам.

В результате получаем множество смоделированных вариантов движения учащихся и преподавательского состава во время эвакуации. Такое моделирование позволит определить наиболее удачный вариант движения людских потоков из всех возможных вариантов. Обращают на себя внимание, как наиболее удачные, варианты с поэтапной системой эвакуации из зданий школы. Например, сначала производится эвакуация учащихся и учителей с первого и третьего этажей, а затем со второго и четвертого. При такой системе движения людских потоков в учебных зданиях

практически нет на участках эвакуации сосредоточений с высокой плотностью. Часто именно такой принцип приводит к существенному сокращению общего времени эвакуации.

Однако для обеспечения безопасной эвакуации учащихся и преподавательского состава необходимо проводить моделирование для каждого здания школы, оценивая эффективность школьного учебного расписания с точки зрения обеспечения беспрепятственного перемещения людей. Рассмотренная система моделирования позволит уменьшить общее время эвакуации учеников и сотрудников школы, снизит время, затрачиваемое на возможные скопления на наиболее загруженных участках и тем самым повысит систему общей пожарной безопасности конкретного объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: Статистический сборник. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2022. – 114 с.

2. Федеральный закон от 22.07.2008г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

3. <https://www.iesve.com/software/virtual-environment/applications/egress/simulex>.

4. <https://www.thunderheadeng.com/pathfinder>.

5. <https://www.forum8.co.jp/english/shokai/ex-sf-e.htm>.

6. Parfyenenko A. Modeling of human flows during a fire // J. Phys.: Conf. Ser. – 2019. – V. 1425. – 012128.

7. Корнеев А.М., Наги А.М.М. Моделирование сложных технологических процессов с использованием сетей Петри // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 9-3. – С. 410–414.