

## СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИОННОГО РАЗБИЕНИЯ 3D ОБЪЕКТОВ В ЗАДАЧЕ ПОСТРОЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПЛАНОВ ЭВАКУАЦИИ ИЗ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

*Национальный университет гражданской защиты Украины (г. Харьков)*

*Совершена постановка и разработан способ оптимизационного разбиения 3D объекта в задаче построения рациональных планов эвакуации из высотных домов, базирующийся на способе ортогонального разбиения геометрических объектов. Отмечено перспективы дальнейших исследований.*

**Постановка проблемы.** В настоящее время количество зданий повышенной этажности и высотных зданий увеличивается из года в год. Они становятся “визитными карточками” экономически развитых государств и представляют собой объединение удачных архитектурных решений и современных систем жизнеобеспечения граждан (рис. 1). В зданиях повышенной этажности комплексно размещаются и бизнес-центры, и супермаркеты со складами продукции, и жилищные помещения, и стоянки автомобилей.



а)



б)

Рис. 1.

Проблема безопасности жизнедеятельности людей в высотных зданиях на сегодняшний день не решена. При пожарах люди остаются отрезанными от путей эвакуации, источников электроэнергии, лифтов. Более того, пожарная техника оборудована неэффективно с точки зрения проведения спасательных работ на этажах выше 14-16 – го, причем СНИПы требуют отключения лифтов в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

В случае, когда пути к лестничным клеткам перекрыты, а лифты отключены, возможна эвакуация людей путем их выхода на лоджии для последующего перехода (если это возможно) в другой подъезд; либо для спуска с помощью стационарных спасательных средств индивидуального или коллективного использования на противопожарные карнизы, расположенные по периметру здания на границе каждого из противопожарных отсеков, которые разбивают здание по высоте на отдельные противопожарные зоны. Спуск людей на граничные этажи противопожарных отсеков позволит им укрыться на этаже в специально оборудованном убежище отсека, либо с помощью пожарных осуществить окончательную эвакуацию с противопожарных карнизов.

Таким образом, актуальной является проблема повышения безопасности жизнедеятельности в высотных зданиях путем построения рациональных планов эвакуации. Следует отметить, что задача построения планов эвакуации в своей постановке может быть сведена к классу задач геометрического проектирования, а именно, к задачам оптимизационного разбиения 3D объектов с последующей трассировкой, которые на сегодняшний день не решены.

**Анализ основных исследований и публикаций.** При проектировании зданий предусматриваются специальные противопожарные решения, которые должны создать необходимые условия успешной реализации процесса эвакуации. Среди этих решений важное значение имеют как структура и размеры путей эвакуации, так и виды спасательных средств, что влияет на эффективность тактического обеспечения ликвидации чрезвычайных ситуаций, в том числе и тушения пожаров.

Поскольку пути эвакуации пронизывают все здание, а их площадь составляет значительную часть его общей площади, то их структура и размеры оказывают значительное влияние на экономические, эстетические и технические показатели проектных решений. В связи с этим, научно обоснованные планы эвакуации должны строиться на основе перечисленных решений, но преобладающим фактором при этом должна оставаться безопасность людей.

Большой вклад в развитие компьютерных моделей эвакуации внес В.В. Холщевников [1]. В работе [2] разработаны модели и алгоритмы эвакуации людей из учебных заведений, характерной особенностью которых является нестационарность распределения людей по внутренним помещениям зданий, связанная с расписанием занятий. Предложена методика моделирования движения потоков людей при помощи сетей Петри. Развитию методов оптимизационного разбиения объектов посвящена работа [3].

**Основная часть.** Пусть задан трехмерный многосвязный объект  $H$  произвольной пространственной формы (в частном случае - параллелепипед), описывающий высотное здание. Необходимо разбить объект  $H$  на минимальное количество противопожарных отсеков  $h_i$ ,  $i=1, \dots, n$  (рис. 2), которые включают в себя этажи  $f_{i,j}$ ,  $j=1, \dots, m$ , таким образом, чтобы выполнялась следующая система ограничений:

$$\bigcup_{j=1}^m f_{i,j} = h_i; \quad \bigcup_{i=1}^n h_i = H; \quad \left( \bigcup_{i=1}^n h_i \right) \cap cH = \emptyset; \quad (1)$$

$$t(V, w) \leq t^*(H); \quad (2)$$

$$w \in \{W\}; \quad (3)$$

$$t(V, w) \in \{t(V, h_i), t(V, f_{i,j})\}; \quad i=1, \dots, n; \quad j=1, \dots, m; \quad (4)$$

$$d(w) \leq d^*. \quad (5)$$

Здесь ограничение (1) представляет собой условие полного разбиения объекта  $H$ , причем  $cH$  - дополнение объекта  $H$  до пространства  $R^3$ . Выражение (2) описывает условие не превышения времени  $t^*(H)$ , в течение которого людям необходимо завершить полную эвакуацию ( $V$  - скорость потока людей), определяемую динамикой развития опасных для жизни людей факторов, причем путь эвакуации  $w$  должен принадлежать множеству допустимых путей  $\{W\}$  (3). В свою очередь, время эвакуации принадлежит множеству, описывающему время эвакуации людей в пределах противопожарных отсеков и этажей соответственно (4). Ограничение (5) позволяет контролировать плотность потока людей на любом из участков пути эвакуации  $w$  ( $d^*$  - допустимая плотность потока).

Для оптимизационного разбиения заданного объекта был разработан способ, изображенный на рис. 2. Прежде всего, в  $\Delta_c$  окрестности лестничных клеток и шахт лифтов  $H_V$  (в пределах этажа  $f_{i,j}$ ), площадь сечения которых равна  $S_V$ , проектируется коридор (многосвязный объект), ширина которого выбирается исходя из ограничения (5).

Далее, объект  $S'$  разбивается на заданное количество помещений  $S_{i,j,p}$ ,  $p=1, 2, \dots, N$ , причем:

$$S_{i,j,p} = a_{i,j,p} \cdot S', \quad \sum_{p=1}^N a_{i,j,p} = 1. \quad (6)$$

Иначе говоря, рассматриваются всевозможные перестановки номеров объектов  $S_{i,j,p}$ , общее количество которых равно  $N!$ , при этом объект  $S_{i,j,p}$ , чей номер  $p$  является первым в перестановке, может находиться в одном из  $G$  начальных положений. Остальные объекты формируются в результате

ортогонального разбиения  $S'$  в соответствии с перестановкой номеров и выражением (6). Таким образом, количество допустимых разбиений этажа равно  $G \cdot N!$

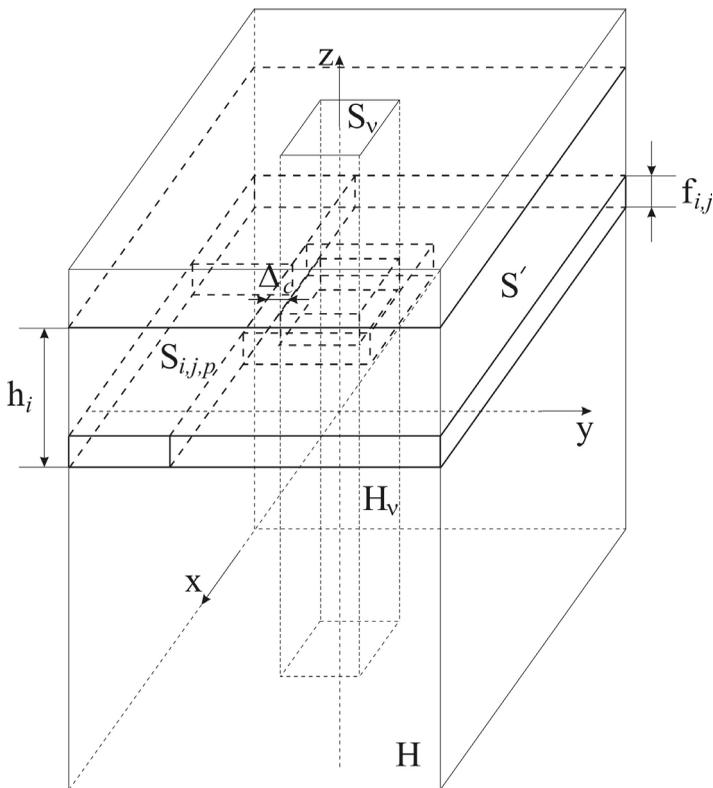


Рис. 2.

Для каждого допустимого плана этажа  $f_{i,j}$  (плана эвакуации) определяем области допустимых размещений средств эвакуации, общее количество типов которых равно  $r$ :

$$D_{i,j,k}(x,y,z) \in f_{i,j}; k \in \{1, \dots, r\}. \quad (7)$$

Из допустимых планов этажа  $f_{i,j}$  выбираем тот, который обеспечивает  $\min t(V, f_{i,j})$ . Таким образом, выполняется последовательное построение планов этажей (в зависимости от функционального назначения помещений) и формирование противопожарных отсеков, удовлетворяющих ограничению (2).

**Выводы.** В данной работе рассмотрен способ разбиения 3D объектов на примере задачи построения рациональных планов эвакуации из высотных

зданий, который основан на способе ортогонального разбиения геометрических объектов. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку способов разбиения 3D объектов с учетом их сложной пространственной формы (например, многолучевые высотные здания).

### **Литература**

1. Холщевников В.В. Исследование людских потоков и методология нормирования эвакуации людей из зданий при пожаре / В.В. Холщевников – М.: Мин-во образования РФ, МВД РФ, МГСУ, МИПБ, 1999. – 92 с.

2. Егоров А.А. Математические модели и алгоритмы эвакуации людей в аварийных ситуациях в учебных заведениях: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / Саратовский ГТУ. - Саратов, 2008. - 19 с.

3. Садковий В.П. Рациональне розбиття множин при територіальному плануванні в сфері цивільного захисту: Монографія / Садковий В.П., Комяк В.М., Соболев О.М.: Ун-т цивільного захисту України. – Горлівка: ПП «Видавництво Ліхтар», 2008. – 174 с.

### **СПОСІБ ОПТИМІЗАЦІЙНОГО РОЗБИТТЯ 3D ОБ'ЄКТІВ В ЗАДАЧІ ПОБУДОВИ РАЦІОНАЛЬНИХ ПЛАНІВ ЕВАКУАЦІЇ З ВИСОТНИХ БУДИНКІВ**

*О.М. Соболев , В.В. Комяк*

Здійснено постановку та розроблено спосіб оптимізаційного розбиття 3D об'єкта в задачі побудови раціональних планів евакуації з висотних будинків, що базується на способі ортогонального розбиття геометричних об'єктів. Зазначено перспективи подальших досліджень.

### **A METHOD OF OPTIMUM SPLITTING 3D OBJECTS IN THE PROBLEM OF CONSTRUCTION RATIONAL EVACUATION PLANS FROM HIGH-RISE BUILDINGS**

*A.N. Sobol , V.V. Komyak*

A problem statement and a method of optimum splitting 3D objects in the problem of construction rational evacuation plans from high-rise buildings are developed. Perspective of further research is given.