

МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ТОЛПЫ, ИСПОЛЬЗУЯ ПОТЕНЦИАЛ ЛЕННАРДА-ДЖОННСА

Красноперов Ярослав Олегович

студент, Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого, РФ, г. Санкт-Петербург

Современные исследования в области моделирования движения людей в ограниченных пространствах играют важную роль в повышении безопасности и эффективности людского перемещения в плотно населенных областях, торговых центрах, аэропортах и других местах общественного скопления. В данной работе обращается внимание на упрощенную модель движения людей, где основное внимание уделяется физическим аспектам взаимодействия и пространственному движению, с исключением социальных и психологических факторов.

В таком случае можно приближенно представить каждого человека в виде точечной массы.[1-2] Для описания движения людей (частиц) в данной постановке можно использовать второй закон Ньютона (1.1).

$$m\dot{\mathbf{v}} = \mathbf{F}, \quad \dot{\mathbf{r}} = \mathbf{v} \quad (1.1)$$

где m – средняя масса частицы, $\dot{\mathbf{v}}$ – вектор ускорения частицы, $\mathbf{v}$ – вектор скорости движения частицы, $\mathbf{r}$ – координаты частицы, а $\mathbf{F}$ – вектор сил, действующих на частицу. Сила $\mathbf{F}$ содержит в себе следующие составляющие: $\mathbf{F}_{vect}$ – вектор силы,

направляющий частицы к эскалаторам (1.2), $\mathbf{F}_{Lennard}$ – сила взаимодействия (между частицами и стенками геометрии), соответствующая потенциалу Леннарда-Джонса (1.3)[3], $\mathbf{F}_{tr}$ – сила вязкого трения (1.4).

$$\mathbf{F}_{vect} = F_{vect} \cdot \mathbf{r}^* \quad (1.2)$$

$$\mathbf{F}_{Lennard} = \frac{12D}{a} \left[\left(\frac{a}{r} \right)^{14} - \left(\frac{a}{r} \right)^8 \right] \mathbf{r} \quad (1.3)$$

$$\mathbf{F}_{tr} = -b \cdot \mathbf{v} \quad (1.4)$$

где $\mathbf{r}^*$ – единичный радиус вектор между частицей и точками притяжения, направляющими к эскалаторам, D – энергия связи, a – длина связи, r – расстояние между частицами, $\mathbf{r}$ – единичный радиус вектор между частицами, b – коэффициент вязкости.

Важное уточнение: $\mathbf{F}_{Lennard}$ в данной работе применяется только при $r < a$, ввиду

того, что необходимо только отталкивание частиц друг от друг (или от стен), а притягивание, которое происходит при $r > a$, не рассматривается.

Ещё пара слов о потенциале Леннарда-Джонса: в упрощенной модели движения людей важно учитывать пространственные ограничения и избегать столкновений. Потенциал Леннарда-Джонса может быть использован для моделирования отталкивания и избегания столкновения между людьми и препятствиями в ограниченном пространстве. Также данный потенциал является относительно простым и вычислительно эффективным методом для моделирования взаимодействий между объектами. Это позволяет использовать его в упрощенной модели движения людей, где основной упор делается на физическом взаимодействии и пространственном движении.

Коэффициент вязкости, модуль направляющей силы, длину и энергию связи следует подбирать, в зависимости от рассматриваемой ситуации. В таблице 1 представлены предлагаемые значения для моделирования.

Таблица 1.

Параметры задачи

$R = 0.3 \text{ м}$	Радиус частиц (пассажилов)
$m = 80 \text{ кг}$	Масса моделируемых частиц
$F_{vect} = 150 \text{ Н}$	Модуль направляющей силы
$D = 18 \text{ Дж}$	Энергия связи
$a = 2 \cdot R = 0.6 \text{ м}$	Длина связи в силе взаимодействия между
$a = 1.5 \cdot R = 0.45 \text{ м}$	Длина связи в силе взаимодействия между стенами
$b = 860 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$	Коэффициент вязкости
$\Delta t = 0.09$	Шаг по времени

Список литературы:

1. Frenkel, D., & Smit, B. "Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications." San Diego, CA: Academic Press, 2002.

2. Haile, J. M. "Molecular Dynamics Simulation: Elementary Methods." New York, NY: Wiley, 1997.

3. Потенциал Леннард-Джонса: сайт. – URL: <http://tm.spbstu.ru/> Потенциал_Леннард-Джонса (дата обращения: 25.04.2023).