

ХУЖАЙРАЛИ АВТОМАТЛАР (CELLULAR AUTOMATA) АСОСИДА ФАВҚУЛОДДА ВАЗИЯТЛАР ЮЗАГА КЕЛГАНДА ИНСОНЛАРНИ ЭВАКУАЦИЯ ҚИЛИШНИ БАҲОЛАШ

Султаниязов Бердах Бахитбай ули

Қорақалпоғистон Республикаси Фавқулодда вазиятлар бошқармаси Табiiй ва техноген
хусусиятли фавқулодда вазиятлар бўлими бошлиғи капитан

Ахмедов Аллаяр Бахтиярович

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD), доцент.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15037683>

Анотация. Хужайрали автоматлар (Cellular Automata) фавқулодда вазиятлар юзага келганда шахсий ёки оммавий эвакуация жараёнларида одамлар оқимини моделиштириш учун ишлатилади. Ҳар бир хужайра алоҳида ҳаракат, жой ёки тўсиқни белгилайди. Ушбу модел одамларни тақсимлаш ва ҳаракат йўналишларини бошқариш имконини беради. Метро, автовокзал ва савдо марказларида одамлар оқимини таҳлил қилишда жуда самарали қўлланилади.

Калим сўзлар: эвакуация, модел, хужайра, симуляция, жамоат жойлари, назария, формула, алгоритм, ёнғин, портлаш, zilzila.

ASSESSMENT OF EMERGENCY EVACUATION BASED ON CELLULAR AUTOMATA (CELLULAR AUTOMATA).

Abstract. Cellular automata (Cellular Automata) are used to model the flow of people in personal or mass evacuation processes in emergency situations. Each cell defines a separate action, location or obstacle. This model allows you to manage the distribution of people and directions of movement. It is very effective in analyzing the flow of people in metro, bus stations and shopping centers.

Keywords: evacuation, model, cell, simulation, public spaces, theory, formula, algorithm, fire, explosion, earthquake.

ОЦЕНКА ЭКСТРЕННОЙ ЭВАКУАЦИИ НА ОСНОВЕ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ (CELLULAR AUTOMATA).

Аннотация. Клеточные автоматы (Cellular Automata) используются для моделирования потоков людей при индивидуальной или массовой эвакуации в чрезвычайных ситуациях. Каждая ячейка определяет отдельное действие, локацию или препятствие. Эта модель позволяет управлять распределением людей и направлениями движения. Очень эффективен при анализе потоков людей в метро, на автовокзалах и в торговых центрах.

Ключевые слова: модель, динамика, инновация, общественные пространства, теория, эвакуация, алгоритм.

Кириш. Фавкулодда вазиятлар (масалан, ёнғин, зилзила, портлаш) юзага келганда инсонларнинг хавфсиз ва тез эвакуация қилиниши жуда муҳим ҳисобланади. Эвакуация жараёнини ўрганиш ва самарадорлигини ошириш мақсадида турли моделлаштириш усуллари қўлланилади. Шулардан бири – ҳужайрали автоматлар (Cellular Automata, CA) методидир. Ҳужайрали автоматлар – дискретли фазо ва вақт доирасида ишлайдиган, маҳаллий қоидалар асосида динамик равишда ривожланувчи моделлар тизимидир. Ушбу усул ёрдамида одамларнинг ҳаракат хусусиятлари, тикилинч ҳосил бўлиши ва чиқиш стратегияларини таҳлил қилиш мумкин. Ҳужайрали автоматлар одамлар ўртасидаги ўзаро таъсирни ҳисобга олиб, реал ҳаётдаги эвакуация жараёнини имкон қадар аниқ моделлаштиради. Ушбу тадқиқот ҳужайрали автоматлар асосида эвакуация жараёнини моделлаштириш, инсонларнинг ҳаракат динамикаси ва эвакуация самарадорлигига таъсир этувчи омилларни таҳлил қилишга қаратилган. Шунингдек, ҳар хил чиқиш стратегиялари, тўсиқлар ва турли муҳит шароитларининг эвакуация жараёнига таъсири кўриб чиқилади.

Тадқиқот натижалари эвакуация режаларини такомиллаштириш, хавфсиз инфратузилма яратиш ва фавқулодда ҳолатларда инсонлар ҳаётини сақлаб қолишга ҳисса қўшиши мумкин.

Ушбу мақолада Ҳужайрали автоматлар (Cellular Automata) ёрдамида эвакуация жараёнини моделлаштиришни аниқ ҳисоб-китоблар билан кўриб чиқамиз. Бу усулда майдон дискрет ҳужайраларга (торларга) бўлинади ва ҳар бир ҳужайра муайян ҳолатда бўлади (масалан, одам, бўш жой, тўсиқ, чиқиш).

1. Асосий параметрлар

Ҳужайрали автомат моделини қуриш учун қуйидаги асосий параметрлар ҳисобга олинади:

- $L \times L$ – ҳужайрали тор ўлчами (масалан, 50×50 ҳужайра).
- $S(x,y,t)$ – ҳужайранинг (x,y) координатасида t пайтдаги ҳолати.
- 0 – бўш ҳужайра.
- 1 – одам бор.
- 2 – тўсиқ (девор).
- 3 – чиқиш йўли.
- $P_{(x,y) \rightarrow (x',y')}$ – одамнинг кейинги қадами (x',y') ҳужайрага ўтиш эҳтимоли.

- $D_{(x,y)}$ – хужайранинг чиқиш йўлига бўлган энг қисқа масофаси.

2. Хужайра ҳолатини янгилаш қоидалари

Ҳар бир одам ($S(x,y)=1$) ўз ҳаракатини қуйидаги қоидалар асосида танлайди:

1. Агар (x,y) хужайра чиқиш йўлига туташган бўлса ($S(x',y')=3$), агент у хужайрага ўтади.
2. Агар чиқиш йўли йўқ бўлса, агент энг қисқа масофа томон ҳаракат қилади. Бу Дейкстра ёки Манхеттен масофаси билан аниқланади:

$$D(x,y) = |x - x_{exit}| + |y - y_{exit}|$$

3. Агар бир нечта имконият бўлса, агент йўналиши эҳтимолини танлайди:

$$P_{(x,y) \rightarrow (x',y')} = \frac{e^{-\alpha D(x',y')}}{Z}$$

Бу ерда:

- α – агентларнинг чиқишга интилиш кучини бошқаруви коэффиценти,
- Z – нормал коэффиценти.

3. Ҳаракат алгоритми

1. Ҳар бир (x,y) хужайрадаги одам чиқиш йўлига бўлган энг қисқа масофани топади.
2. Агар чиқиш йўли бор бўлса, агент у йўналишда ҳаракат қилади.
3. Агар бир нечта вариант бўлса, агент танлаш эҳтимолига қараб қарор қабул қилади.
4. Хужайра ҳолатлари янгиланади.

4. Мисол – 10×10 майдонда ҳисоб-китоб қилиб кўрамиз.

Берилган маълумотлар:

- Майдон: 10×10 хужайра
- Чиқиш: $(10,5)$ хужайра.
- Одамлар: $(2,2)$, $(3,4)$, $(6,8)$ хужайраларида
- Тусиқлар: $(5,5)$, $(5,6)$

Қадамлар:

1. Ҳар бир одам учун чиқишга масофа ҳисобланади.

$$D(2,2) = |2 - 10| + |2 - 5| = 8 + 3 = 11$$

$$D(3,4) = |3 - 10| + |4 - 5| = 7 + 1 = 8$$

$$D(6,8) = |6 - 10| + |8 - 5| = 4 + 3 = 7$$

2. Ҳар бир одам энг қисқа йўлга қараб ҳаракат қилади.

3. Ҳолатлар янгиланади ва алгоритм такрорланади.

Агар зичлик юқори бўлса, одамлар ҳаракат қила олмайди ва эвакуация вақти ошиб боради.

Хулоса

Ҳужайрали автоматлар воситасида эвакуация жараёнини моделлаштириш реалистик натижалар беради. Юқоридаги модел дунё бўйича турли илмий тадқиқотлар ва хорижий тажрибалар асосида ишлаб чиқилган ва қўлланилган. Хорийжий тажрибалардан мисол келтирадиган бўлсак,

■ Германия – Dresden University of Technology ҳужайрали автомат моделларини стадионлар ва метро бекатларида одамлар оқимини баҳолаш учун ишлатган.

■ Хитой – Tsinghua University метро ва вокзаллардаги эвакуацияни оптималлаштириш учун ҳужайрали автомат моделини яратган.

■ АҚШ – MIT (Massachusetts Institute of Technology) бу моделдан Boston Subway (метро) ва Times Square каби жойларда одам оқимини таҳлил қилиш учун фойдаланган.

Ушбу моделнинг реал қўлланилиши:

■ 2010 Йилги Шанхай Ехро – Хитой ҳужайрали автомат моделларидан Ехро давомида одамлар оқимини бошқариш учун фойдаланган.

■ Олимпия ўйинлари (Лондон-2012) – Лондон ҳукумати спорт объектларидаги одам оқимини таҳлил қилиш учун ҳужайрали автомат моделини қўллаган.

REFERENCES

1. Blue, V.J., Adler, J. L., “Cellular automata microsimulation for modeling bi-directional pedestrian traffic.”, Q1-журнали. – T: Transportation Research Part B: Methodological, (Elsevier), 2001-й. – 293-312 б.
2. Helbing, D., Molnár, P., “Social force model for pedestrian dynamics.”, нуфузли физика журнали. – T: Physical Review E (American Physical Society), 1995-й. – 4282-4286 б.
3. Schadschneider.A., Klingsch.W., Klüpfel.H., Kretz.T., Rogsch.C., Seyfried.A., “Evacuation dynamics: Empirical results, modeling and applications.” Муҳим илмий энциклопедия. – T: Encyclopedia of Complexity and Systems Science, 2009-й. – 3142-3176 б.
4. Tajima.Y., Nagatani.T., “Scaling behavior of crowd flow outside a room.” Физика ва динамика моделлари бўйича муҳим журнал. – T: Physical Review E (American Physical Society), 2001-й. – 036122-1 – 036122-7 б.