

Отже, за допомогою використання прогнозного методу помітно, що значно знизилась ризики для показників об'єму кредитного портфеля та засобів банку, у порівнянні з методом середнього та методом середнього ковзаного.

Дисперсійний аналіз тісно пов'язана з конкретними методами планування та проведення експериментальних досліджень, використовується в різних областях наукових досліджень, і він необхідний для аналізу впливу різних факторів на досліджувані змінні.

Література:

1. Van Greuning H. Analyzing and Managing Banking Risks. 2003. 386 с.
2. Фінансові результати АТ «ПРИВАТБАНК» URL: <https://minfin.com.ua/company/privatbank/rating/?date=2022-10-01> (дата звернення 10.05.2023).
3. Власенко Л., Ладанюк А., Кишенько В. Методолія наукових досліджень. 2018. 352 с.

УДК 004.9:614.8

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПОВЕДІНКИ МАС ЛЮДЕЙ ПРИ ВИНИКНЕННІ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

Засядько К. В., Бушин І. М.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Abstract. The article discusses existing methods for visualizing the behavior of crowds during emergency situations such as fires, evacuations, terrorist attacks, and so on. The advantages and disadvantages of existing methods are described. It is shown that multi-agent models are more effective for modeling the behavior of crowds during emergencies.

Надзвичайні ситуації (НС) можуть виникати в будь-який момент і в будь-якому місці. В умовах сьогодення необхідно бути готовими до реагування на них, включаючи розуміння поведінки мас людей у таких ситуаціях. Вивчення закономірностей поведінки мас є складним завданням, оскільки люди поведуться дуже несподівано і непередбачувано у стресових ситуаціях.

Дослідження та моделювання поведінки мас людей при надзвичайних ситуаціях є дуже актуальним завданням в сучасному світі та в Україні зокрема. Україна знаходиться в зоні ризику виникнення надзвичайних ситуацій різного типу. На території країни знаходяться зони підвищеного сейсмічного ризику, а також потенційно небезпечні промислові об'єкти, які можуть стати причиною техногенної катастрофи.

В останні п'ятнадцять років вивчення поведінки людських мас у надзвичайних ситуаціях отримало новий імпульс завдяки використанню комп'ютерних технологій. Комп'ютерні симуляції і віртуальна реальність

дозволяють досліджувати і прогнозувати поведінку людей в різних ситуаціях. Такі дослідження допомагають урізноманітнити і покращити методики навчання людей, які можуть опинитись в надзвичайній ситуації, а також допомагають підвищувати ефективність дій рятувальників та евакуювати людей у найкоротший час.

У даній статті проаналізовано деякі з алгоритмів та методів, що використовуються для візуалізації поведінки в надзвичайних ситуаціях та узагальнено і систематизовано, які способи математичного моделювання стихійно-масової поведінки людей в умовах надзвичайної ситуації було використано для подальшої візуалізації за допомогою програмних засобів.

Першим кроком при формуванні маси людей необхідно дізнатись, яким чином формується натовп. За властивостями формування розрізняють два основні види натовпів – організований та стихійний [1]. В нашій роботі вважається, що початковим станом натовпу буде організований. Так як досліджується натовп в умовах надзвичайної ситуації, то слід розглянути яким чином з початкового стану натовпу може перетворитись на стихійний. Одним з таких методів є циркулярна реакція [2]. Вона веде до того, що індивід перестає свідомо визначати навколишнє середовище, а починає оцінювати ситуацію на рівні емоційного стану людей навколо нього. В крайньому випадку дія цієї реакції може призвести до того, що люди в натовпі стануть однорідною масою, яка однаково реагуватиме на будь-який стимул. Таким чином, також підтверджується факт того, що поведінку людини в панікуючому натовпі не можна назвати індивідуальною [3].

Іншим вирішальним чинником поведінки натовпу в умовах екстремальної ситуації є наявність чуток [4]. Чутки породжують та стимулюють паніку у натовпі. Це явище перебільшує майбутню небезпеку або ж і зовсім вигадує її.

Таким чином, можна сказати, що у натовпі інформація передається досить швидким шляхом за допомогою емоцій та чуток. Іншим фактором, який впливає на кількість жертв у натовпі, є його щільність. Чим вища щільність – тим більше небезпечних процесів відбувається усередині нього [5].

Усі з перерахованих вище процесів призводять до жертв, оскільки порушують рух натовпу та викликають підвищення паніки.

Наступним кроком буде аналіз вже існуючих математичних методів та алгоритмів поведінки натовпу, що панікує. Першим методом моделювання натовпу, який було розглянуто, є клітинні автомати (КА) [6]. Основною проблемою даного методу є те, що натовп буде однорідним, а як уже було сказано раніше: натовп – це гетерогенна система, отже, можна стверджувати, що результат роботи алгоритму, який засновано на клітинних автоматах, буде сильно відрізнятись від результатів поведінки реального натовпу.

Далі методом моделювання колективної поведінки людей є моделі, які засновані на фізичних законах [2], насамперед на ньютонівській механіці. Основою цих моделей є другий закон Ньютона. Проблемою цього методу, як і попереднього є неможливість моделювання гетерогенного натовпу. До того ж, наступні ускладнення моделі вимагають серйозних обчислювальних ресурсів.

Іншим підходом, що базується на фізичних законах, є потокові моделі. Вони засновані на фізичних процесах динаміки газу та рідини. Основна ідея полягає в тому, що кожен елемент натовпу представляється частинкою, стан якої описується рівняннями динаміки рідини або газу. Недоліком є те, що ці моделі розглядають натовп у цілому, де основною характеристикою є щільність потоку. При цьому натовп, як явище, не може бути зведений у результаті ні до рідини, ні до газу, так як відноситься до середовищ, які помірно стискаються. Також варто зазначити, що важливі властивості панікуючого натовпу в таких моделях не відтворюються.

Останнім методом є мультиагентний (або багатоагентний). При використанні даного підходу, в процесі моделювання натовп являє собою не динамічну систему в цілому, як у попередніх підходах, а створюється набір елементарних правил, яким буде підкорятися будь-який агент у натовпі [7]. Недоліком такого методу стає велика кількість вільних параметрів, які так чи інакше впливають на поведінку натовпу в цілому, але ніяк не верифікуються в даних моделях.

У результаті дослідження було зроблено вибір на користь реалізації мультиагентного підходу для завдання симуляції натовпу, що панікує.

Незважаючи на те, що метод містить велику кількість параметрів він може промоделювати нам взаємодію між окремими індивідуальними агентами та їх оточенням, що робить його ефективним для розуміння та передбачення поведінки мас людей при НС. Крім того, мультиагентні моделі можуть враховувати різні фактори, такі як географічні особливості місцевості, характеристики будівель, наявність рятувальних служб та інше, що дозволяє забезпечити більш точне та реалістичне моделювання.

Подальшим етапом створення програми візуалізації поведінки мас людей у НС є проєктування мультиагентної (багатоагентної) системи.

Мультиагентна система представляє собою в узагальненому вигляді взаємодію трьох підсистем [8]:

1. Навколишнє середовище.
2. Співтовариство агентів.
3. Платформа агентів.

До системи першого типу буде відноситись взаємодія агента та середовища, в якому знаходяться агенти. Агент отримує від середовища інформацію про його стан і на підставі цього формує свою поведінку. Для цього агент використовує так звані сенсори. Для даного проєкту довкілля має два стани: НС відбулася або не відбулася. Отже, агент сканує систему на наявність НС та виконує чи не виконує будь-які дії на підставі отриманої від середовища інформації.

Друга підсистема описує об'єднання по «інтересам» та здійснення ними дій для досягнення спільної мети. В цьому випадку відбуватиметься опис того, як НС, що сталася, вплине на агентів у середовищі. Агенти в панікуючому натовпі об'єднані спільною метою – досягнення виходу з приміщення, внаслідок чого їм доводиться взаємодіяти між собою.

У підсистемі платформа агентів реалізується як зовнішнє середовище, в якому знаходиться агент, та умови для функціонування агента. У цьому випадку йдеться про реалізацію ситуації «надзвичайна ситуація». Агент може знати чи не знати, що НС відбулася. Також НС може впливати на стан «здоров'я» агента.

Алгоритм роботи програми можна описати наступним чином.

На початку роботи програми агент імітує звичайну діяльність: кожен агент отримує випадкову точку, до якої переміщується зі сталою швидкістю. Всі агенти мають різне значення швидкості, яке задаватиметься випадково в рамках діапазону. Таким чином, буде n-та кількість агентів, які рухаються зі швидкістю пішохода – організований натовп. Такий стан підтримується агентами до тих пір, поки в їхньому середовищі не станеться НС – наприклад, вибух, тощо. Потім в результаті генерації НС агенту необхідно визначити своє положення щодо НС.

Усього є 4 зони: червона, жовта, зелена та синя.

Якщо під час вибуху агент перебував у епіцентрі події, тобто в «червоній зоні НС» тоді він помирає. Такі агенти будуть пофарбовані в червоний колір і нестимуть в собі функцію нової перешкоди, що призведе до ще більшого погіршення надзвичайної ситуації.

Наступною зоною впливу є «жовта зона НС». При потрапленні в неї агент отримує поранення – це проявляється його дезорієнтацією в просторі (завмирання на певний час), що робить його тимчасовою перешкодою на шляху інших, а також уповільненням їх швидкості пересування. Поранені агенти не здатні переміщатися зі швидкістю, вищою за прогулянковий крок, отже, їхня швидкість не зміниться. Відповідно поранені агенти фарбуються в жовтий колір.

Перебування у «зеленій зоні НС» під час вибуху викликає в агентів дезорієнтацію, як у випадку з жовтою зоною, але ці агенти після «відмирання» здатні розвинути швидкість до максимально можливої. На час завмирання ці агенти будуть зеленими, але після стануть синіми.

Потраплення у «синю зону НС» або фарбування у синій колір агента означатимуть, що агент знає про вибух, що стався у відповідному регіоні та він повинен почати евакуацію або шукати безпечне місце для себе.

Так як площа навколо агентів може в рази перевищувати масштаби вибуху, то агент може і не дізнатися про НС. Такі агенти залишатимуться білими. Вони не бачили НС, тому що знаходилися далеко від зони вибуху та не встигли отримати відомості від інших агентів. Такі агенти мають можливість дізнатися про НС внаслідок таких обставин:

1. Якщо побачать іншого агента, що біжить і знає про НС.
2. При отриманні поштовхів від агентів, що пробігають поруч.
3. При виявленні поранених агентів.
4. При виявленні мертвих агентів.

Імовірність поінформованості агента після перерахованих вище умов залежить від того, як багато таких агентів йому вдалося побачити. Чим більше агентів, тим вища імовірність, що агент зрозуміє, що настав час рятуватись.

Після визначення свого стану в результаті вибуху агенту необхідно визначитися з маршрутом своєї евакуації. Алгоритм пошуку шляху порятунку було здійснено за допомогою алгоритму пошуку найкоротшого шляху A^* . Даний алгоритм є розширеним алгоритмом Дейкстри, який описує пошук найкоротшого шляху від однієї точки до іншої [9]. Точкою А буде точка, в якій агент знаходився в момент вибуху. Точкою В – один із виходів для евакуації.

Потрібно врахувати, що в результаті вибуху може бути заблокований один із виходів, тоді агенту необхідно обрати вільний вихід для евакуації. Також вибух передбачає наявність супутніх небезпечних для життя людини явищ, таких як обвали будівель, пожежі тощо, отже, агенту необхідно уникати ураженої зони під час евакуації.

Також на шляху агента зустрічаються два види перешкод: статичні й динамічні. До статичних відноситимуться нерухомі об'єкти, які агенту необхідно оминати. При взаємодії з динамічними перешкодами (сусідами) в агента з'являється «зона комфорту»: критичний рівень комфорту означає, що агент став жертвою. Такі агенти, як у випадку з епіцентром НС, будуть забарвлені у червоний. Таким чином, буде видно, скільки агентів загинуло внаслідок НС, а скільки внаслідок тисняви, що сталася у натовпі.

При виникненні перешкоди у вигляді іншого агента, агент намагається його обійти з будь-якої сторони, при цьому намагаючись дотримуватися обраного шляху. Якщо при цьому агент не має можливості продовжити рух з колишньою швидкістю, він починає хаотично штовхатися, віддаючи пріоритет напрямку руху. Кожен поштовх отриманий агентом сумується. Сума обнуляється з кожним оновленням екрана. При переході суми через граничне значення, агент гине.

Підсумовуючи вищевикладені ідеї, можна дійти висновку, що найбільш ефективним методом моделювання поведінки натовпу серед простих, що не є гібридним є мультиагентний метод. Цей метод підходить для реалізації основних властивостей натовпу: його гетерогенності й високої щільності, а також турбулентності і тяжіння натовпу, що характерні для НС.

Література:

1. Ткачук, В. І., Ковальова, І. М. (2018). Формування натовпів та їх властивості. Соціальні технології в управлінні соціальними системами, 112-119.
2. Helbing, D., Farkas, I., & Vicsek, T. (2000). Simulating dynamical features of escape panic. *Nature*, 407(6803), 487-490.
3. Корнієнко, В. (2006). Соціально-психологічні аспекти надзвичайних ситуацій: монографія. Київ: Ліра-К.
4. Stott, C., & Reicher, S. (1998). Crowd action as intergroup process: introducing the police perspective. *European Journal of Social Psychology*, 28(3), 509-529.
5. Still, K., & Canter, D. (1998). Crowd disasters: a systemic review of research on crowd disasters and their prevention. *Health & Place*, 4(1), 173-181.

6. Nerovny, Y. A., Lebedev, S. A., Sizov, I. V., & Kalinina, O. A. (2018). Modeling of pedestrian crowds using cellular automata. *Journal of Physics: Conference Series*, 998, 012055.
7. Helbing, D., Farkas, I., & Vicsek, T. (2000). Social force model for pedestrian dynamics. *Physical Review E*, 63(4), 046131.
8. Shoham, Y., & Leyton-Brown, K. (2009). *Multi-Agent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations*. New York: Cambridge University Press.
9. Ізотова, Т. Ю. (2016). Обзор алгоритмів пошуку найкоротшого шляху в графі. *Нові інформаційні технології в автоматизованих системах*, 341-344.

УДК 539.3:621.45.017

МОДЕЛЮВАННЯ ЗГИНУ ВХІДНОЇ КРОМКИ РОБОЧОЇ ЛОПАТКИ ВЕНТИЛЯТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ СКІНЧЕННОГО ЕЛЕМЕНТА, ЩО МАЄ СЕРЕНДИПОВЕ ФОРМУЛЮВАННЯ

Івченко Д. В.

*Державне підприємство "Запорізьке машинобудівне
конструкторське бюро "Прогрес" імені академіка О. Г. Івченка*

Abstract. The bending of the fan blade leading edge was simulated using a finite element with a serendipity formulation. It has been shown that using this finite element yields more accurate results compared with a regular finite element.

Потрапляння птаха в працюючий авіаційний двигун може викликати пошкодження робочих лопаток вентилятора (РЛВ) та інших деталей. Характерним пошкодженням РЛВ при цьому є деформування вхідної кромки пера, що пов'язане, головним чином, зі згинанням. Для дослідження процесів деформування РЛВ при взаємодії з птахом двигунобудівні фірми і науково-дослідні інститути широко використовують метод скінчених елементів (СЕ) при створенні чисельних моделей (ЧМ) РЛВ.

Форма пера РЛВ у зоні характерних пошкоджень близька до тонкої оболонки або пластинки, тому при дискретизації пера на об'ємні СЕ їх розміри по висоті і хорді пера будуть більшими, ніж розмір по товщині профілю. При цьому виникає протиріччя – з одного боку моделювання згину потребує достатню кількість СЕ по товщині профілю з точки зору забезпечення точності розрахунку напружено-деформівного стану (НДС) РЛВ, з іншого боку це приведе до «поганого» співвідношення розмірів СЕ і зменшення характерної довжини СЕ, що суттєво впливає на витрати часу на проведення розрахунку при використанні явного вирішувача.

Для створення сітки СЕ пера РЛВ зараз частіше всього використовують об'ємні шестигранні 8-вузлові СЕ, які мають формулювання зі зниженим