

JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

MODELING FIRE SPREAD IN MULTI-STORY BUILDINGS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND OPTIMIZING EVACUATION STRATEGIES

Boboqulov Ozodbek Rustam o'g'li

Academy of the Ministry of Emergency Situations

E-mail: buxorokogon0809@gmail.com

Abstract

This article examines the use of artificial intelligence technologies for modeling fire spread in multi-story buildings and optimizing evacuation strategies. During the study, an evacuation model based on artificial neural networks, fire risk indices, and AI algorithms was developed. The proposed model enables the prediction of fire development, the identification of hazardous areas, and the guidance of occupants along the safest evacuation routes. Simulation results demonstrate that the use of AI-based systems reduces evacuation time, minimizes congestion, and improves the effectiveness of emergency management. The research findings have significant practical importance for modernizing fire safety systems and advancing the concept of smart buildings.

Keywords

artificial intelligence, fire safety, evacuation, multi-story buildings, neural networks, AI algorithm, emergency situations.

KO'P QAVATLI BINOLARDA YONG'IN TARQALISHINI SUN'IY INTELLEKT YORDAMIDA MODELLASHTIRISH VA EVAKUATSIYA STRATEGIYALARINI OPTIMALLASHTIRISH

Boboqulov Ozodbek Rustam o'g'li - Favqulodda vaziyatlar vazirligi Akademiyasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada ko'p qavatli binolarda yong'in tarqalishini sun'iy intellekt texnologiyalari yordamida modellashtirish va evakuatsiya strategiyalarini optimallashtirish masalalari o'rganilgan. Tadqiqot davomida sun'iy neyron tarmoqlar, yon-





JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

g'in xavfi indeksleri va AI algoritmiga asoslangan evakuatsiya modeli ishlab chiqildi. Taklif etilgan model yong'inning rivojlanishini prognozlash, xavfli hududlarni aniqlash hamda insonlarni eng xavfsiz evakuatsiya yo'nalishlariga yo'naltirish imkonini beradi. Simulyatsiya natijalari AI asosidagi tizimlardan foydalanish evakuatsiya vaqtini qisqartirish, tirbandliklarni kamaytirish va favqulodda vaziyatlarni boshqarish samaradorligini oshirishini ko'rsatdi. Tadqiqot natijalari yong'in xavfsizligi tizimlarini modernizatsiya qilish hamda aqlli binolar konsepsiyasini rivojlantirishda muhim amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, yong'in xavfsizligi, evakuatsiya, ko'p qavatli binolar, neyron tarmoqlar, AI algoritmi, favqulodda vaziyatlar.

1.Kirish

Dunyo miqyosida urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi natijasida ko'p qavatli turar joy va ma'muriy binolar soni yildan-yilga ortib bormoqda. Bunday binolar aholi uchun qulay yashash va faoliyat yuritish sharoitlarini yaratishi bilan birga, favqulodda vaziyatlar, ayniqsa yong'in sodir bo'lganda murakkab xavfsizlik muammolarini yuzaga keltiradi. Ko'p qavatli binolarda yong'inning asosiy xavfi olovning o'zi emas, balki tutun va zaharli gazlarning tez tarqalishidir. Yong'in vaqtida insonlarning aksariyati tutundan zaharlanish oqibatida jabrlanadi. Shu sababli yong'inning rivojlanishini oldindan prognoz qilish va optimal evakuatsiya strategiyalarini ishlab chiqish favqulodda vaziyatlarni boshqarishning muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

An'anaviy yong'in xavfsizligi tizimlari ko'pincha oldindan belgilangan algoritmlar asosida ishlaydi. Biroq yong'in rivojlanishining dinamik xarakterga ega ekanligi, tutun tarqalishi, odamlar oqimining o'zgarishi va konstruktiv elementlarning ta'siri real vaqt rejimida tahlil qilinishi zarurligini ko'rsatadi.

Sun'iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi ushbu muammoni yangi bosqichda hal qilish imkonini bermoqda. Mashinaviy o'qitish va neyron tarmoqlar katta hajmdagi



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

ma'lumotlarni qayta ishlash orqali yong'in tarqalishining ehtimoliy ssenariylarini prognoz qilishi hamda eng xavfsiz evakuatsiya yo'nalishlarini aniqlashi mumkin. Mazkur tadqiqotning maqsadi ko'p qavatli binolarda yong'in tarqalishini sun'iy intellekt yordamida modellashtirish va evakuatsiya strategiyalarini optimallashtirishdan iborat.

2.Adabiyotlar tahlili

Yong'in xavfsizligini ta'minlash va favqulodda vaziyatlarni boshqarish sohasida sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish bo'yicha so'nggi yillarda ko'plab ilmiy tadqiqotlar amalga oshirilmoqda. Raqamli texnologiyalar, IoT qurilmalari va mashinaviy o'qitish algoritmlarining rivojlanishi yong'in xavfini oldindan baholash hamda favqulodda vaziyatlarga tezkor javob qaytarish imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirdi.

Kim va Lee (2021) tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda IoT texnologiyalari asosida yaratilgan aqlli monitoring tizimlari yong'in xavfini real vaqt rejimida aniqlash imkonini berishi ko'rsatib berilgan. Tadqiqotchilar harorat, tutun va gaz sensorlaridan olingan ma'lumotlarni sun'iy intellekt algoritmlari yordamida qayta ishlash orqali yong'inning dastlabki bosqichlarini aniqlash mumkinligini ta'kidlaganlar.

Zhang va hamkorlari (2022) konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) asosida yong'inni tasvirlar orqali aniqlash tizimini ishlab chiqqanlar. Tadqiqot natijalari tasvirlarni avtomatik tahlil qilish orqali yong'inni yuqori aniqlik bilan aniqlash mumkinligini ko'rsatgan. Wang va hamkorlari (2023) mashinaviy o'qitish algoritmlarining yong'in xavfini baholashdagi samaradorligini o'rganganlar. Ularning tadqiqotida Random Forest, XGBoost va neyron tarmoqlar yordamida yong'in xavfi darajasini prognozlashning yuqori aniqlik ko'rsatkichlariga erishilgan.

Li, Huang va Xu (2024) tomonidan o'tkazilgan tadqiqotda sun'iy intellektning aqlli yong'in profilaktikasi tizimlaridagi o'rni tahlil qilingan. Mualliflar AI texnologiyalarining yong'inlarning oldini olish, xavfni baholash va favqulodda vaziyatlarni boshqarishdagi imkoniyatlarini yoritib berganlar.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

Liu va Zhao (2024) esa Explainable Artificial Intelligence (XAI) yondashuvlari yordamida yong'in xavfini tasniflash bo'yicha tadqiqot olib borib, qaror qabul qilish jarayonining shaffofligini oshirish mumkinligini isbotlaganlar.

Shu bilan birga, mavjud tadqiqotlarning katta qismi yong'inni aniqlash yoki xavfni baholash masalalariga qaratilgan. Ko'p qavatli binolarda yong'in tarqalishini prognozlash va evakuatsiya strategiyalarini optimallashtirishni yagona tizim sifatida ko'rib chiqadigan ilmiy ishlar soni nisbatan kam. Mazkur tadqiqot aynan ushbu ilmiy bo'shliqni to'ldirishga qaratilgan bo'lib, yong'in prognozi va evakuatsiya boshqaruvini birlashtiruvchi kompleks AI modelini taklif etadi.

3.Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqot davomida ko'p qavatli binolarda yong'in tarqalishini modellashtirish va evakuatsiya strategiyalarini optimallashtirish uchun kompleks yondashuv ishlab chiqildi. Tadqiqot obyekti sifatida 20 qavatli zamonaviy turar joy binosining virtual modeli yaratildi.

Model tarkibiga quyidagi elementlar kiritildi:

- turar joy xonalari;
- koridorlar;
- evakuatsiya yo'laklari;
- zinapoya maydonchalari;
- lift shaxtalari;
- ventilyatsiya tizimlari;
- yong'inga qarshi himoya vositalari.

Yong'in tarqalishiga ta'sir qiluvchi asosiy parametrlar sifatida harorat, tutun zichligi, kislorod konsentratsiyasi, ventilyatsiya tezligi hamda qurilish materiallarining yong'inga chidamlilik ko'rsatkichlari tanlandi.

Tadqiqotda sun'iy neyron tarmoq (Artificial Neural Network – ANN) modelidan foydalanildi. Modelga kiruvchi parametrlar quyidagicha ifodalandi:



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

$$X = \{T, S, O, V, M\}$$

bu yerda:

T – harorat ko‘rsatkichi;

S – tutun zichligi;

O – kislorod miqdori;

V – ventilyatsiya tezligi;

M – qurilish materiali tavsifi.

Yong‘in xavfi darajasini baholash uchun Yong‘in Xavfi Indeksi (YXI) ishlab chiqildi:

$$YXI = \sum(W_i \times R_i)$$

bu yerda:

YXI – yong‘in xavfi indeksi;

W_i – omilning og‘irlik koeffitsienti;

R_i – omilning xavf ko‘rsatkichi.

Modelni o‘qitish uchun xalqaro yong‘in statistikasi, ilmiy tadqiqotlar ma’lumotlari va simulyatsiya natijalaridan foydalanildi. Ma’lumotlarning 80 foizi modelni o‘qitish uchun, 20 foizi esa sinov maqsadida ajratildi.

Evakuatsiya marshrutlarini optimallashtirish maqsadida AI algoritmidan foydalanildi. Ushbu algoritm eng qisqa va xavfsiz yo‘lni aniqlash imkonini beradi. Algoritmning maqsad funksiyasi quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

bu yerda:

$g(n)$ – boshlang‘ich nuqtadan joriy nuqttagacha bo‘lgan masofa;

$h(n)$ – joriy nuqtadan chiqish nuqtasigacha bo‘lgan taxminiy masofa.

Tadqiqot davomida yong‘inning turli ssenariylari modellashtirildi. Jumladan:

- elektr tarmog‘idagi qisqa tutashuv;
- maishiy gaz portlashi;



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

- koridorda yuzaga kelgan yong'in;
- texnik xonadagi yong'in.

Har bir ssenariy bo'yicha yong'inning tarqalish tezligi, tutun zichligi, evakuatsiya vaqti va insonlar xavfsizligi ko'rsatkichlari baholandi.

Taklif etilgan modelning asosiy afzalligi shundaki, u real vaqt rejimida ma'lumotlarni qayta ishlab, evakuatsiya yo'nalishlarini avtomatik ravishda yangilash imkonini beradi. Bu esa favqulodda vaziyatlar vaqtida insonlar hayotini saqlab qolish ehtimolini oshiradi.

4.AI asosidagi yong'in tarqalish modeli

Taklif etilgan sun'iy intellekt modeli ko'p qavatli binolarda yong'in tarqalishini prognozlash va evakuatsiya jarayonlarini boshqarish uchun ishlab chiqilgan. Model uchta asosiy moduldan tashkil topgan:

1. Yong'inni prognozlash moduli;
2. Xavfni baholash moduli;
3. Evakuatsiyani optimallashtirish moduli.

Yong'inni prognozlash moduli binoda o'rnatilgan sensorlardan olingan ma'lumotlarni qabul qiladi. Harorat, tutun zichligi, kislorod konsentratsiyasi va ventilyatsiya tizimi ko'rsatkichlari sun'iy neyron tarmoq yordamida qayta ishlanadi.

Neyron tarmoqning chiqish qismida yong'inning keyingi vaqt oralig'ida qaysi yo'nalish bo'yicha tarqalishi prognoz qilinadi. Ushbu prognoz natijalari asosida binoning xavf xaritasi shakllantiriladi.

Xavf xaritasida har bir hudud quyidagi toifalardan biriga kiritiladi:

- Past xavf;
- O'rta xavf;
- Yuqori xavf;
- Kritik xavf.

Evakuatsiyani optimallashtirish moduli xavf xaritasidan foydalanib, A* algoritmi



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

yordamida eng xavfsiz marshrutlarni hisoblaydi. Tizim har 5 soniyada yangi ma'lumotlarni qabul qiladi va evakuatsiya yo'nalishlarini qayta hisoblaydi.

Taklif etilgan modelning ishlash ketma-ketligi quyidagicha:

Sensorlar → Ma'lumotlarni yig'ish → AI tahlili → Yong'in prognozi → Xavf xaritasi → AI algoritmi → Optimal evakuatsiya.

Mazkur modelning afzalligi shundaki, u favqulodda vaziyatlarning rivojlanishiga mos ravishda qaror qabul qilish jarayonini avtomatlashtiradi hamda inson omilidan kelib chiqadigan xatolarni kamaytiradi.

5. Natijalar va muhokama

Taklif etilgan model samaradorligini baholash maqsadida bir nechta simulyatsion tajribalar o'tkazildi. Tadqiqot davomida elektr tarmog'idagi qisqa tutashuv, maishiy gaz portlashi va koridorda yuzaga keladigan yong'in holatlari modellashtirildi.

Har bir ssenariy bo'yicha yong'in tarqalish tezligi, tutun zichligi, evakuatsiya davomiyligi hamda odamlarning xavfsiz hududga chiqish ko'rsatkichlari tahlil qilindi.

Olingan natijalarga ko'ra, sun'iy intellekt asosidagi model yong'in rivojlanishini prognozlashda 94,2 foiz aniqlikka erishdi. Bu ko'rsatkich an'anaviy matematik modellar natijalaridan yuqori ekanligi aniqlandi.

1-jadval

An'anaviy va AI asosidagi evakuatsiya tizimlari samaradorligini taqqoslash

Ko'rsatkich	An'anaviy tizim	AI asosidagi tizim
Evakuatsiya vaqti	12,6 min	8,8 min
Marshrut aniqligi	79 %	95 %
Tirbandlik darajasi	Yuqori	Past
Xavfli hududga kirib qolish holati	16 %	4 %
Prognoz aniqligi	68 %	94,2 %





JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

Jadval natijalaridan ko‘rinib turibdiki, AI tizimi evakuatsiya vaqtini o‘rtacha 30 foizga qisqartirish imkonini bergan. Bundan tashqari, chiqish yo‘laklaridagi tirbandliklar sezilarli darajada kamaygan.

Tadqiqot davomida tutun tarqalishining evakuatsiyaga eng katta ta‘sir ko‘rsatadigan omillardan biri ekanligi aniqlandi. Simulyatsiyalar shuni ko‘rsatdiki, yong‘inning dastlabki 10 daqiqasida tutun yuqori qavatlariga tez tarqaladi va insonlar hayoti uchun jiddiy xavf tug‘diradi.

Sun‘iy intellekt modeli ushbu xavfni oldindan prognoz qilgan holda evakuatsiya marshrutlarini avtomatik ravishda o‘zgartira oldi. Natijada xavfli hududlarga kirib qolgan insonlar soni 4 foizgacha kamaydi.

Olingan natijalar xalqaro ilmiy tadqiqotlar natijalari bilan mos keladi va sun‘iy intellekt texnologiyalarining favqulodda vaziyatlarni boshqarish tizimlariga integratsiya qilinishi katta samara berishini tasdiqlaydi.

Shuningdek, tadqiqot davomida AI tizimlarini IoT sensorlari va Digital Twin texnologiyalari bilan integratsiyalash orqali yanada yuqori natijalarga erishish mumkinligi aniqlandi.

6.Xulosa

Mazkur tadqiqotda ko‘p qavatli binolarda yong‘in tarqalishini sun‘iy intellekt yordamida modellashtirish va evakuatsiya strategiyalarini optimallashtirish masalalari o‘rganildi. Tadqiqot davomida sun‘iy neyron tarmoqlar va AI algoritmiga asoslangan kompleks model ishlab chiqildi hamda uning samaradorligi simulyatsion tajribalar yordamida baholandi.

O‘tkazilgan tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

Birinchidan, sun‘iy neyron tarmoqlar asosida yaratilgan model yong‘in tarqalishini prognozlashda yuqori aniqlik ko‘rsatdi. Simulyatsiya natijalariga ko‘ra, modelning prognoz aniqligi 94,2 foizni tashkil etdi.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

Ikkinchidan, AI algoritmiga asoslangan evakuatsiya tizimi insonlarni eng xavfsiz va eng qisqa yo'nalishlar bo'yicha harakatlantirish imkonini berdi. Natijada evakuatsiya vaqti an'anaviy tizimlarga nisbatan o'rtacha 30 foizga qisqardi.

Uchinchidan, yong'in rivojlanishi va tutun tarqalishi to'g'risidagi ma'lumotlarni real vaqt rejimida qayta ishlash favqulodda vaziyatlarni boshqarish samaradorligini oshirishga xizmat qilishi aniqlandi.

To'rtinchidan, sun'iy intellekt asosidagi yondashuvlardan foydalanish insonlar hayotini saqlab qolish, moddiy zararlarni kamaytirish va qutqaruv xizmatlari faoliyatini yanada samarali tashkil etishga imkon beradi.

Kelgusida tadqiqotni rivojlantirish maqsadida IoT sensorlari, videokuzatuv tizimlari va Digital Twin texnologiyalarini integratsiyalash asosida yanada mukammal modellar yaratish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi:

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

- Ko'p qavatli binolarda yong'in tarqalishini prognozlash uchun sun'iy neyron tarmoqlar asosida yangi konseptual model ishlab chiqildi.
- Yong'in rivojlanishi va evakuatsiya strategiyalarini yagona sun'iy intellekt platformasida birlashtiruvchi integratsiyalashgan yondashuv taklif etildi.
- AI algoritmi yordamida real vaqt rejimida eng xavfsiz evakuatsiya marshrutlarini aniqlash mexanizmi ishlab chiqildi.
- Yong'in xavfi darajasini baholash uchun takomillashtirilgan Yong'in Xavfi Indeksi modeli taklif qilindi.
- Favqulodda vaziyatlarda qaror qabul qilish jarayonini avtomatlashtirish imkonini beruvchi AI arxitekturasini ishlab chiqildi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati:



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

Mazkur tadqiqot natijalari O‘zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi tizimida, ko‘p qavatli turar joy binolarida, mehmonxonalarda, biznes markazlarida va boshqa yirik obyektlarda yong‘in xavfsizligini ta‘minlashda qo‘llanilishi mumkin.

Taklif etilgan model:

- favqulodda vaziyatlarni boshqarish tizimlarini takomillashtirish;
- yong‘in xavfini erta aniqlash;
- evakuatsiya vaqtini qisqartirish;
- qutqaruv ishlarini samarali tashkil etish;
- inson talofatlarini kamaytirish;

imkonini beradi. Tadqiqot natijalari kelajakda Smart Building va Smart City konsepsiyalarini rivojlantirishda ham muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Breiman L. *Random Forests*. Machine Learning. 2001. Vol. 45(1). P. 5–32.
2. Kim S., Lee J. *IoT-enabled smart fire monitoring system for residential environments*. Sensors. 2021. Vol. 21(15). P. 5123–5135.
3. Zhang Y., Wang H., Liu J. *Deep learning-based fire detection and recognition using convolutional neural networks*. Fire Safety Journal. 2022. Vol. 128. P. 103542.
4. Wang X., Chen Y., Zhao L. *Machine learning approaches for fire risk assessment: A comparative study*. Expert Systems with Applications. 2023. Vol. 213. P. 118932.
5. Garcia M., Torres J. *Intelligent risk prediction in smart homes using environmental sensors*. Sustainable Cities and Society. 2022. Vol. 79. P. 103686.
6. Li Z., Huang P., Xu T. *Artificial intelligence applications in smart fire prevention systems: A systematic review*. Safety Science. 2024. Vol. 171. P. 106390.
7. Liu H., Zhao Y. *Explainable artificial intelligence for fire risk classification*. Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2024. Vol. 128. P. 107561.





JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

8. Chen L., Zhang X., Liu Q. *Internet of Things-based fire monitoring and early warning framework for residential buildings*. IEEE Access. 2023. Vol. 11. P. 55421–55435.
9. Ronchi E., Nilsson D. *Fire evacuation in high-rise buildings*. Fire Technology. 2022. Vol. 58. P. 1201–1225.
10. Kuligowski E. *Human behavior during building evacuations*. Fire and Materials. 2021. Vol. 45. P. 201–214.
11. Hurley M. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. New York: Springer, 2022.
12. International Electrotechnical Commission. *Electrical Installations for Buildings: Safety Requirements*. Geneva: IEC, 2023.
13. National Fire Protection Association. *Electrical Fires Report*. Quincy, Massachusetts: NFPA, 2024.
14. Singh A., Kumar R., Sharma P. *Predictive analytics for residential fire safety using machine learning algorithms*. Journal of Safety Research. 2023. Vol. 86. P. 112–125.
15. Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan. *Annual Report on Fire Safety and Emergency Statistics in Uzbekistan*. Tashkent, 2024.

