



Aktywna Polska **Aktywny Biznes**

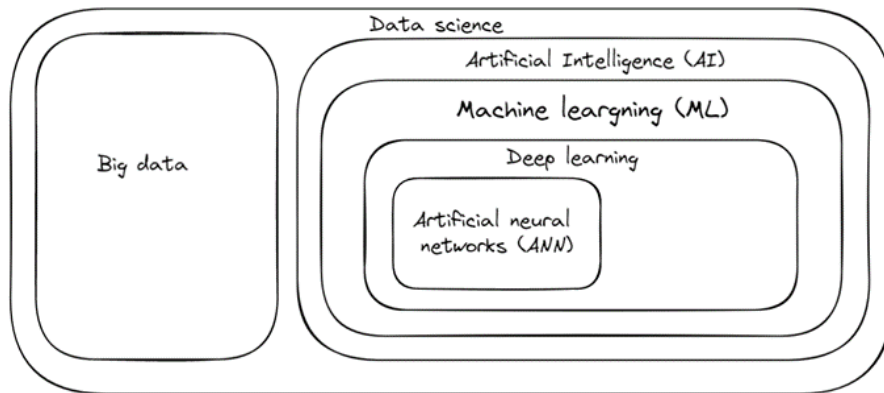
GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ
PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN

KONFERENCJA
INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ
WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.



Sztuczna inteligencja w budownictwie – szansa czy zagrożenie

Dr hab. inż. Wojciech Węgrzyński
Instytut Techniki Budowlanej

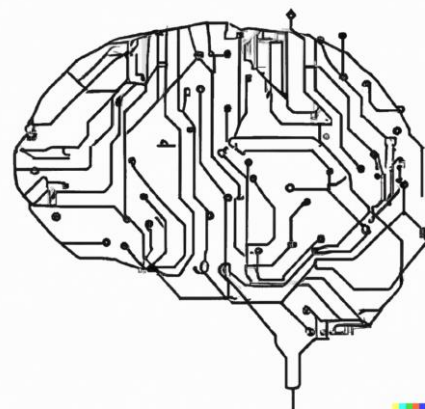


GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Jak działa AI – eksperyment myślowy

W pomieszczeniu przy pożarze o mocy 1MW temperatura dymu to 100°C.

W tym samym pomieszczeniu przy pożarze o mocy 2MW temperatura dymu to 200°C.



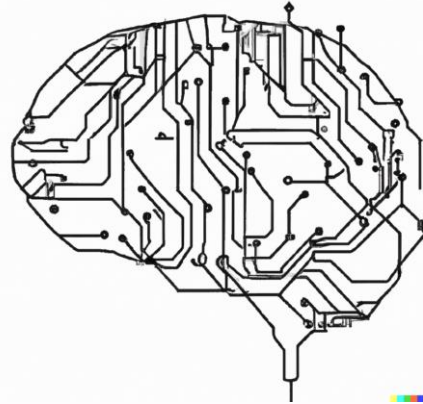
GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Jak działa AI – eksperyment myślowy

W pomieszczeniu przy pożarze o mocy 1MW temperatura dymu to 100°C.

W tym samym pomieszczeniu przy pożarze o mocy 2MW temperatura dymu to 200°C.

Jaka będzie szacunkowa temperatura dymu przy pożarze 1,5MW?



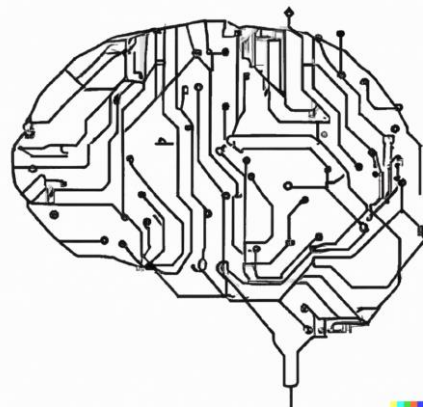
GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Jak działa AI – eksperyment myślowy

W pomieszczeniu przy pożarze o mocy 1MW temperatura dymu to 100°C.

W tym samym pomieszczeniu przy pożarze o mocy 2MW temperatura dymu to 200°C.

Jaka będzie szacunkowa temperatura dymu przy pożarze 1,5MW?



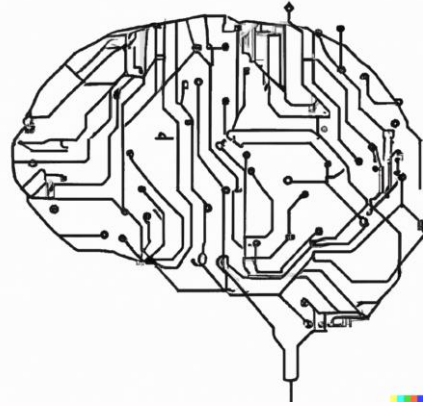
A: jaka będzie temperatura dymu przy pożarze 1,5MW?
GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Jak działa AI – eksperyment myślowy

W pomieszczeniu przy pożarze o mocy 1MW temperatura dymu to 100°C.

W tym samym pomieszczeniu przy pożarze o mocy 2MW temperatura dymu to 200°C.

Jaka będzie szacunkowa temperatura dymu przy pożarze 1,5MW?



A jaka będzie

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Jak AI widzi inżyniera? – dyskusja nad ograniczeniami



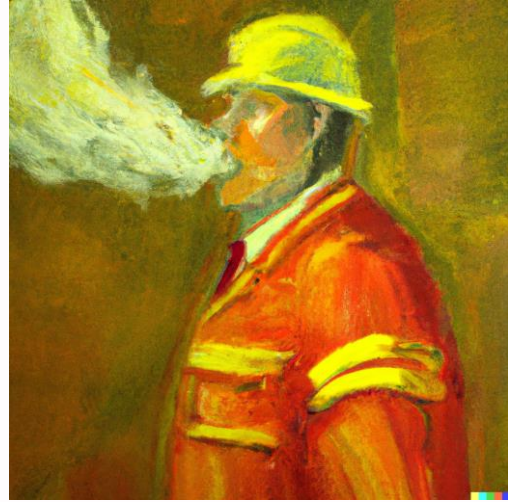
Fire Safety Engineer, wg. Dall-e 2

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Jak AI widzi inżyniera? – dyskusja nad ograniczeniami

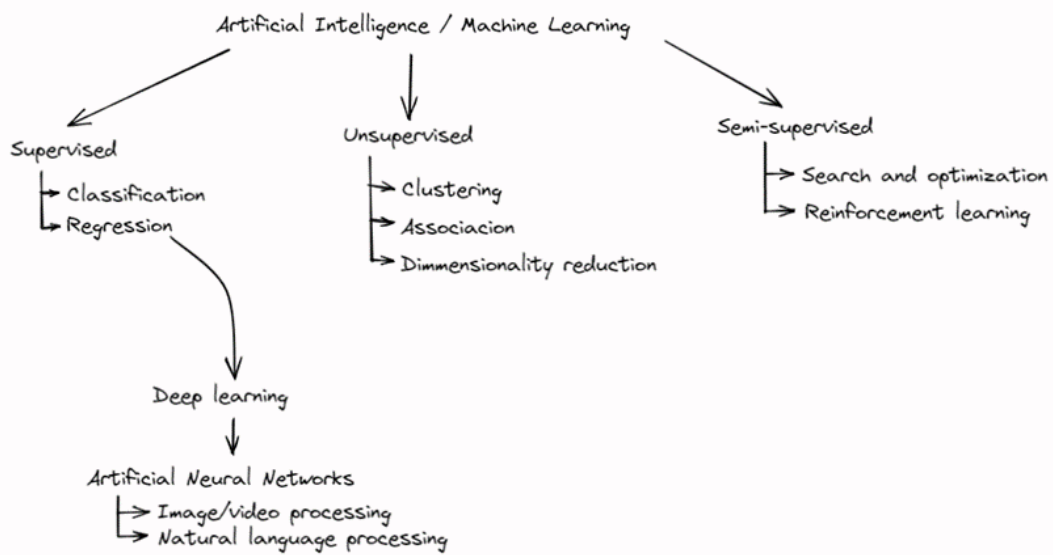


Fire Safety Engineer, wg. Dall-e 2



Smoke Control Engineer... wg. Dall-e 2

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.



GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Przegląd zastosowań

Materiały i konstrukcje (w pożarze i nie tylko)

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Nieliniowe zjawiska i awarie

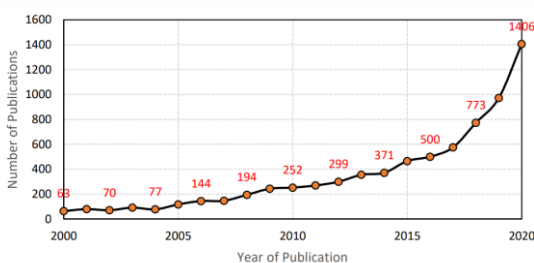


Fig. 1 Publications adopting AI derivatives in structural engineering (2000-2020) [arrived at by searching "artificial intelligence" and "structural engineering" using the Dimensions scholarly database]

Tapeh A., Naser M.Z. (2022). Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning in Structural Engineering: A Scientometrics Review of Trends and Best Practices. *Archives of Computational Methods in Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09793-w>

AI jest jednym z najbardziej popularnych trendów w mechanice budowli – wykorzystanie tej metody rośnie w sposób wykładniczy. Ma to związek ze znakomitymi zdolnościami algorytmów ML w przewidywaniu zjawisk nieliniowych oraz jednoczesnego wpływu wielu zmiennych.

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Spalling

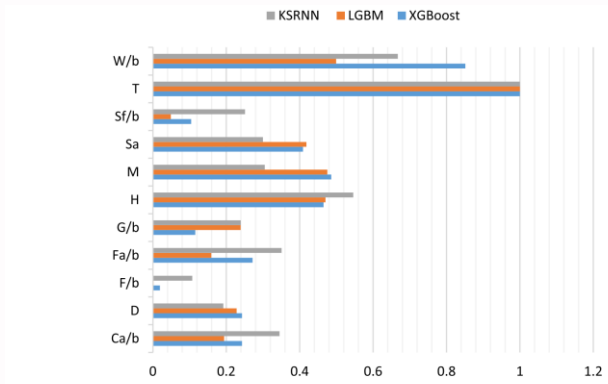
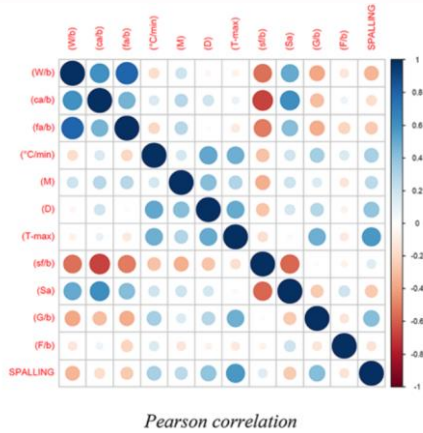
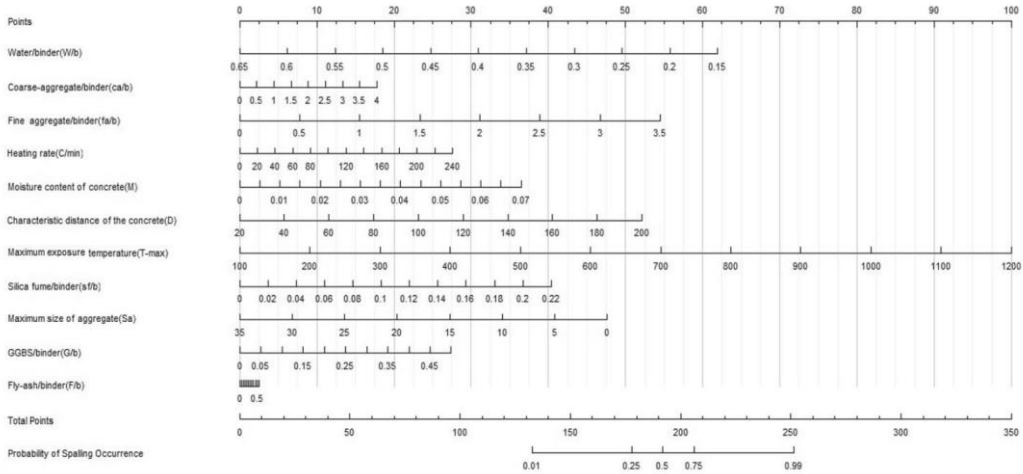


Figure 2. Feature importance.

Tapah A., Naser M.Z. (2022). Discovering Graphical Heuristics on Fire-induced Spalling of Concrete through eXplainable Artificial Intelligence. *Fire Technology*

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
 KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

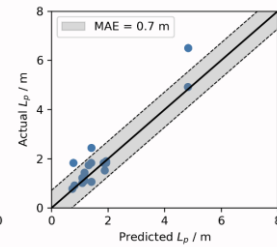
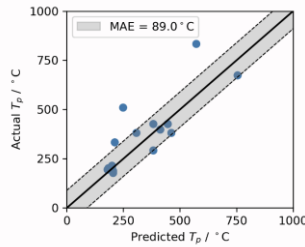
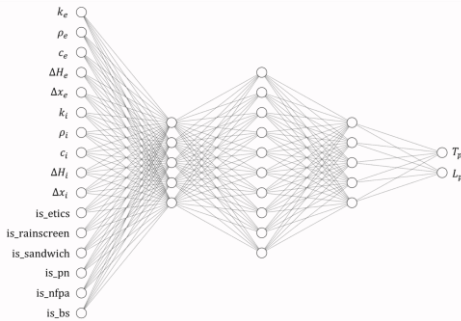
Spalling



Tapah A., Naser M.Z. (2022). Discovering Graphical Heuristics on Fire-induced Spalling of Concrete through eXplainable Artificial Intelligence. *Fire Technology*

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
 KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Właściwości materiałów



Prosta sieć neuronowa wytrenowana na wynikach badań elewacji (przy zastosowaniu własnych znormalizowanych miar), na bazach danych z różnych rodzajów badań (PN-B, NFPA, BS) potrafiła całkiem nieźle przewidzieć wynik badania na podstawie wyłącznie opisu badanej konfiguracji.

Bopka W., Węgrzynski W., Reim G., KRSylik: Demonstrating the use of AI for the prediction and comparison of facade fire safety tests, Submitted to *Fire Technology* (in Review)

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Przegląd zastosowań

Przebieg pożaru – skomplikowana fizyka

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Rozgorzenie

Mając dostęp do danych eksperymentalnych (NIST) możliwe jest nauczenie sieci neuronowej warunków w jakich występuje rozgorzenie (wielkość pomieszczenia, materiały, temperatura dymu itd.). Zjawisko to jest nieliniowe i trudne w opisie prostymi relacjami (patrz model MQH), ale sieć neuronowa jest w stanie przewidzieć je bez tej wiedzy.

Podobnie z innymi zjawiskami nieliniowymi – wybuchy gazów pożarowych, backdraft, pęknięcie szyb itp.

J. Wang, W.C. Tam, Y. Jia, R. Peacock, P. Reneke, E.Y. Fu, T. Cleary, P-Flash – A machine learning-based model for flashover prediction using recovered temperature data, *Fire Saf. J.* 122 (2021) 103341. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103341>.

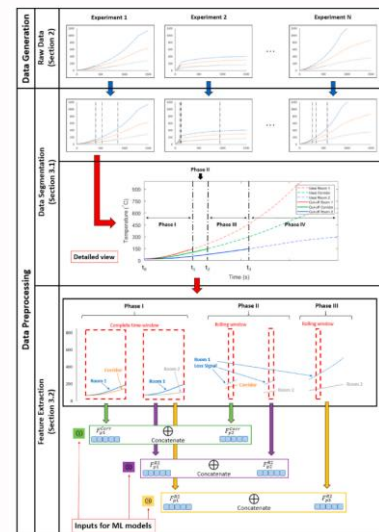


Fig. 4. Machine learning pipeline for P-Flash (from raw data to feature extraction).

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Rozgorzenie

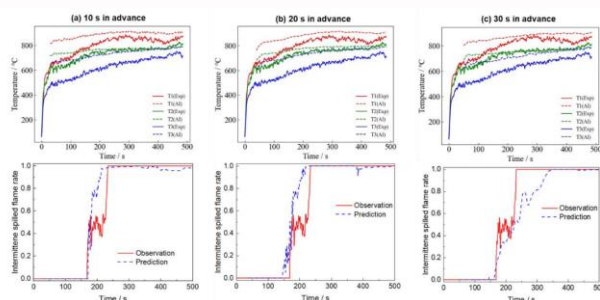


Fig. 9. Prediction of temperature and flashover probability by the deep learning model (a) 10 s in advance, (b) 30 s in advance, and (c) 60 s in advance, where the solid lines are the experimental measurements, and the dashed lines are predictions.

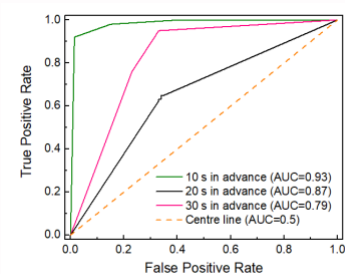


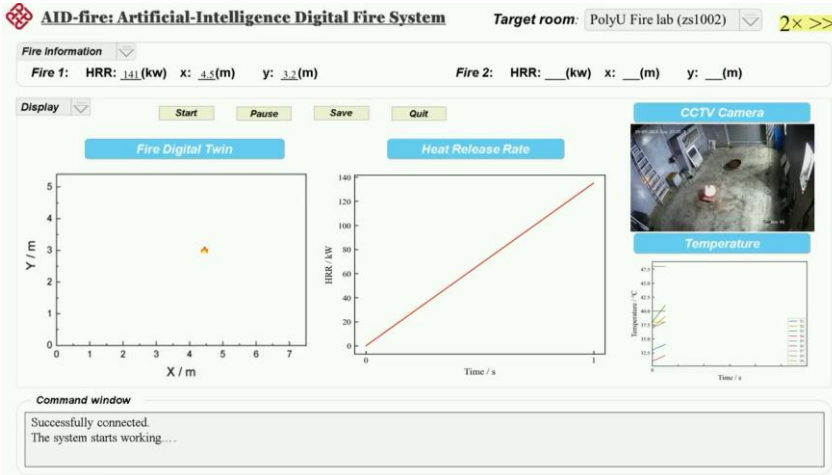
Fig. 10. The ROC curve for different prediction lead times.

Tu przykład narzędzia szacującego w czasie rzeczywistym prawdopodobieństwo rozgorzenia w najbliższych 30 s, 20 s i 10 s. Tego typu narzędzia mogą kiedyś być przydatne w działaniach gaśniczych w procesie podejmowania decyzji.

T. Zhang, Z. Wang, H.Y. Wong, W.C. Tam, X. Huang, F. Xiao (2022) Real-time Forecast of Compartment Fire and Flashover based on Deep Learning, *Fire Safety Journal*, 103579. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2022.103579>

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Rozwój pożaru



T. Zhang, Z. Wang, Y. Zeng, X. Wu, X. Huang, F. Xiao, Building Artificial-Intelligence Digital Fire (AID-Fire) system: A real-scale demonstration, J. Build. Eng. 62 (2022) 105363. <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2022.105363>.

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
 KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Rozwój pożaru

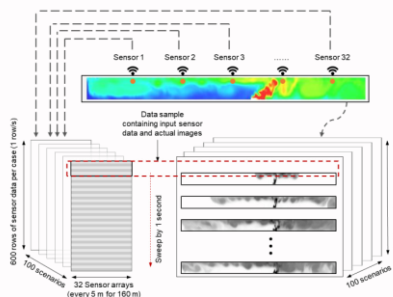


Fig. 3 Generation of the training database

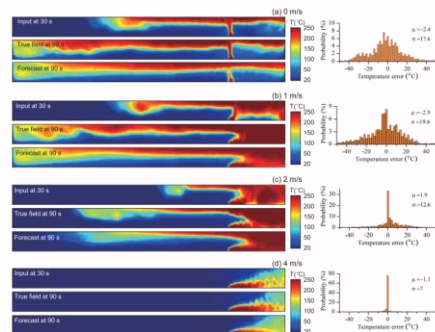


Fig. 10 Comparison between the true and forecasted temperature fields at 90 s, where inputs are 32 temperature sensor data of the first 30 s (left), and the deviation of forecasted temperature (right), where the fire is located 128 m from the left boundary, the fire HRR is 20 MW, and the ventilation velocities are (a) 0 m/s, (b) 1 m/s, (c) 2 m/s, and (d) 4 m/s

X. Wu, X. Zhang, X. Huang, F. Xiao, A. Usmani, A real-time forecast of tunnel fire based on numerical database and artificial intelligence, Build. Simul. 15 (2022) 511–524.

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
 KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Przegląd zastosowań

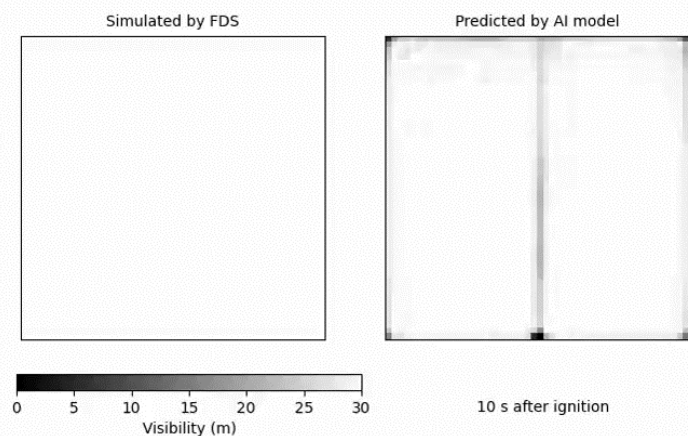
Wsparcie inżyniera

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Symulacje fizyki budowli

Wytrenowana konwolucyjna sieć neuronowa (CNN) jest w stanie przewidzieć wynik symulacji CFD bez żadnego odniesienia do fizyki pożaru (to są symulacje samych obrazów – jak obraz wyglądałby przy innych założeniach).

L. Su, X. Wu, X. Zhang, K. Huang, Smart
Prediction of smoke motion via AI, J. Build. Eng.
43 (2021) 102529.
<https://doi.org/10.1016/j.job.2021.102529>.

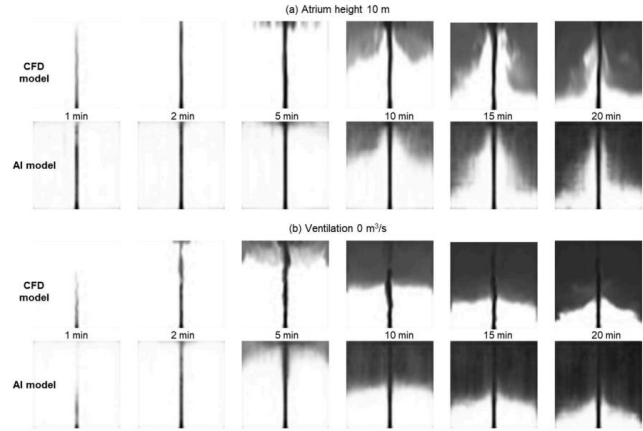


GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Symulacje fizyki budowli

W tym wypadku ograniczenia związane z zestawem danych wykorzystanych w trenowaniu sieci neuronowej są bardzo duże – opracowanie „ogólnego” modelu pasującego do skomplikowanych geometrii może być wręcz niemożliwe.

L. Su, X. Wu, X. Zhang, X. Huang, Smart performance-based design for building fire safety: Prediction of smoke motion via AI, *J. Build. Eng.* 43 (2021) 102529. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102529>.



GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
 KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

„Rozszerzanie” symulacji

Example Results
 Simulation time reduced: from hours to minutes
 Configuration: chemical mixing, <2M cells, 3D data, steady-state, 5K iterations

CFD Solver

CFD Suite (AI predictions)

byte LAKE

CFD Suite
 Collection of innovative AI Models for computational fluid dynamics.
byteLAKE.com/en/CFDSuite

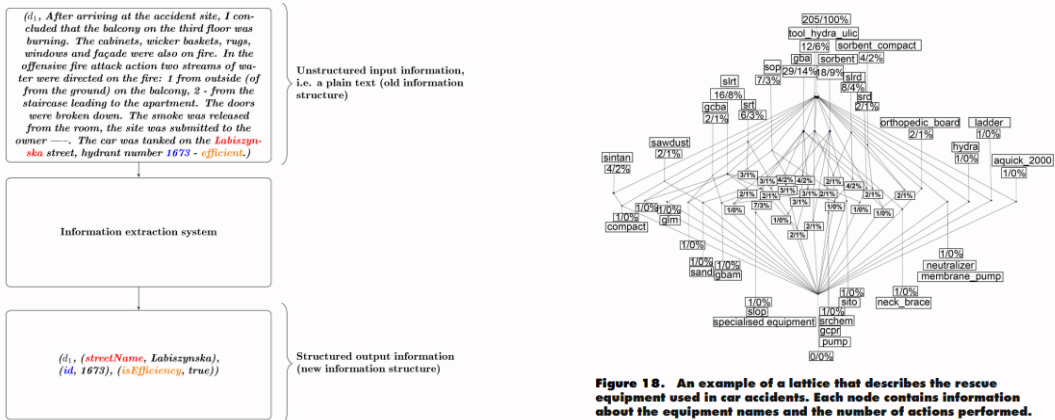
Quantity	Pearson's r.c.	Spearman's r.c.	RMSE	Histogram comp. DSI
U	0.999	0.935	0.016	89.3
V	0.993	0.929	0.004	90.1
W	0.985	0.973	0.023	95.8
P	0.943	0.934	0.026	98.4
muT	0.937	0.919	0.147	93.3
Energy	0.969	0.938	0.017	92.3

Example results for CFD-chemical mixing case study.
 Note: accuracy is configurable and depends on requirements.

Simulations powered by:

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
 KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Gromadzenie użytecznych statystyk



M.M. Mirończuk, Information Extraction System for Transforming Unstructured Text Data in Fire Reports into Structured Forms: A Polish Case Study, Fire Technol. 56 (2020) 545–581. <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00891-z>.

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
 KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

BIM i wspomaganie projektowania

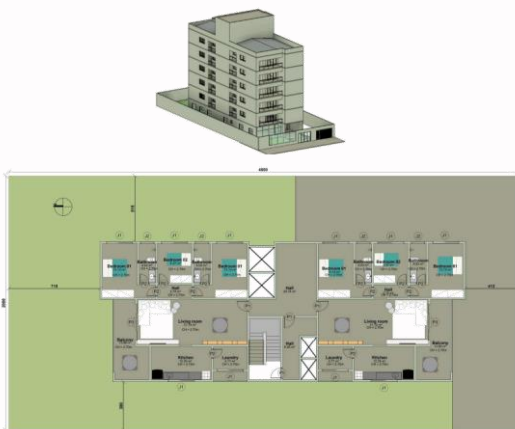


Figure 4. Multi-family case study.

For approval, this project must comply with all Florianópolis building code and master plan standards for this building typology—multi-family residential building—and location—AMC 12.5 Zone (central mixed area).

Narzędzia BIM już dzisiaj udoskonalane są o komponenty automatycznej weryfikacji spełnienia wymagań pożarowych (np. długości przejść ewakuacyjnych).

Wykorzystanie AI może pozwolić na szybką weryfikację poziomu bezpieczeństwa (np. ocena ryzyka przeniesienia się pożaru pomiędzy pomieszczeniami, zadymienia dróg ewakuacji itp.). Integracja narzędzi BIM oraz AI/ML w obszarze bezpieczeństwa pożarowego może pozwolić na weryfikację

F.S. Villaschi, J.P. Carvalho, L. Bragança, BIM-Based Method for the Verification of Building Code Compliance, Int. J. Syst. Inform. Technol. 2023, 64. <https://doi.org/10.3390/asj5040064>.

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
 KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

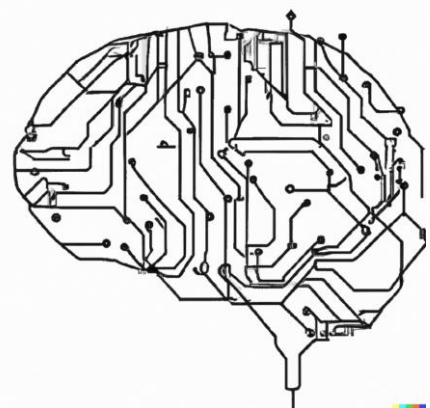
Podsumowanie

	CFD	AI/ML
Zakres zastosowania obliczeń	Tylko badany model	Wyznaczony zakresem danych wejściowych i standardowymi testami na wyznaczonym sub-zestawie
Czas obliczeń dla podstawowego zadania	godziny - dni	dni – tygodnie - miesiące
Czas obliczeń dla nowego zadania w zakresie zastosowania	godziny - dni	kilka sekund
Czy użytkownik wie co dzieje się w „środku”	Dobrze by było 😊	Nie.
Jak uwzględnić nową, bardzo nietypową geometrię?	Przebudować model (kilka dni)	Uczenie od początku (dni-miesiące)

GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Podsumowanie

- Narzędzia AI/ML ewentualnie wejdą do praktyki projektowania w lądowej (w tym pożarowej), czy to się nam podoba czy nie
- Im lepiej zdefiniowany, wąski problem naukowy, tym lepiej AI/ML sobie poradzi. W przypadku zastosowań ogólnych (np. przepływ dymu w dowolnym budynku) rozwiązanie jest praktycznie niemożliwe
- Skomplikowany problem wymaga dużego zasobu danych wejściowych o wysokiej jakości
- Nad modelami AI/ML potrzebny jest kompetentny



nadzór, który jest w stanie zająć się badanymi zadaniami, których AI
GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Wywiady z liderami branży AI w budownictwie



Dr MZ Naser – Clemson U
Explainable AI
Mechanika budowli



Prof. Xinyan Huang – HKPolyU
Smart Firefighting
Bezpieczeństwo tuneli



Dr Matt Bonner – Trigon Fire
bezpieczeństwo elewacji



GOTOWI NA PRZYSZŁOŚĆ PRZEDSIĘBIORCY W OBLICZU ZMIAN
KONFERENCJA INSTYTUTU TECHNIKI BUDOWLANEJ, WARSZAWA, 20 CZERWCA 2023 R.

Dziękuję za uwagę

Dr hab. inż. Wojciech Węgrzyński, prof. ITB
+48 696 061 589, w.wegrzynski@itb.pl

@WojciechITB

