

SIECI NEURONOWE W ANALIZIE USZKODZEŃ POWIERZCHNI

Hanna KUBIK

Politechnika Wroclawska

Streszczenie: Wykorzystano sieci neuronowe do opisu narastania uszkodzeń powłok malarskich występujących na powierzchniach zabytkowych tynków. Podano warunki oddziaływania i rozrostu uszkodzeń w powierzchni tynku.

Słowa kluczowe: mikrouszkodzenia tynków, sieci neuronowe.

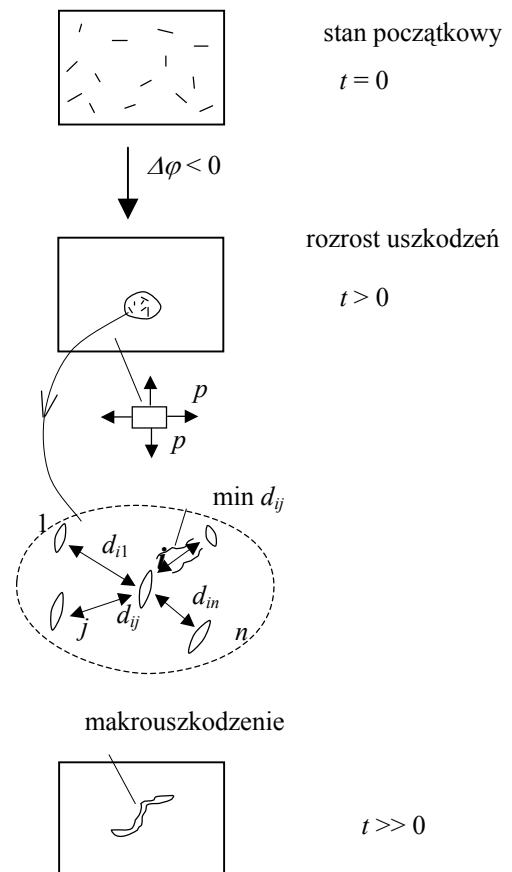
1. WPROWADZENIE

Klasyczne opisy stanu uszkodzeń powierzchni powłoki określają jedynie geometryczne miary powstających mikrouszkodzeń. Nie zostają w nich ujęte mechanizmy rozrostu uszkodzeń. W pracy prześledzimy mechanizmy rozwoju uszkodzeń, a głównie łączenie się blisko siebie położonych mikrouszkodzeń. Wykorzystujemy do opisu tego procesu metody sieci neuronowych.

Metody te są szczególnie przydatne do opisu procesów narastających oddziaływań w sieci. Z przypadkiem takim spotykamy się przy narastaniu uszkodzeń w materiale. Wykorzystuje się tu oczywisty fakt, iż oddziałują na siebie elementy z najbliższego otoczenia. Miarą tych oddziaływań jest więc odległość poszczególnych mikrouszkodzeń. Powstająca wówczas sieć oddziaływań (uszkodzeń) odpowiada procesowi zniszczenia powierzchni tynku.

2. ROZROST USZKODZEŃ POWIERZCHNIOWYCH

W trakcie zmian temperatury i wilgoci materiał powłoki malowidła będzie się kurczył lub też rozszerzał przy wzroście zawilgocenia i temperatury. W trakcie skurczu wystąpią naprężenia rozciągające, które „uruchamiają” oddziaływanie mikrospeknań najbliższej siebie położonych. Najczęściej dochodzi do ich połączeń. Rozrost tych mikrospeknań prowadzi do makrospeknań widocznego gołym okiem. Dalej następuje zniszczenie powłoki.



Rys. 1. Narastanie mikrouszkodzeń.
Fig. 1. The growth of microcracks.

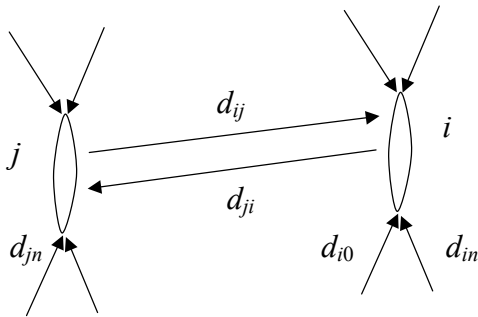
Z fizyki procesu wynika, że bliskie uszkodzenia będą na siebie oddziaływać. Oddziaływanie to zanika po przekroczeniu pewnej granicznej odległości d^* . Natomiast od-

działanie jest pełne dla defektów stykających się, które łączą się natychmiast.

Z obserwacji wynika, iż po każdym powstaniu połączenia sąsiednich mikrospękań proces rozpoczyna się od początku. Powstałe spękanie z dwóch mikrospękań oddziałuje na najbliższe mikrospękania. W wyniku tego działania następuje rozrost spękań. Obserwując ten proces musimy mieć kryterium dopuszczalnego rozrostu spękań – może nim być liniowy wymiar makrospękania (np. długość) lub też „pochłoniętych” mikrospękań. Proces ten wywołany skurczem materiału przebiega w czasie. Można przyjąć, iż czas utworzenia się łańcucha połączonych mikrouszkodzeń o długości krytycznej określa jednocześnie żywotność powłoki malarskiej lub też czas koniecznych napraw powłoki, czyli czas podjęcia konserwacji powłoki zabytku.

3. SIECI NEURONOWE

Opis fizyczny procesu narastania spękań materiału powłoki sugeruje, iż może on być analitycznie opisany przy użyciu sieci neuronowych. Analogia ta zakłada, podobnie jak w sieci, że istnieje sieć mikrospękań (neuronów) oddziaływujących na siebie (aksonami). Oddziaływanie to zależy silnie od odległości d_{ij} między uszkodzeniami (i) i (j) malejąc ze wzrostem odległości spękań.



Rys. 2. Oddziaływanie sąsiednich neuronów (mikrouszkodzeń).
Fig. 2. The influence of neighbouring neurons (microcracks).

Najprostszy model oddziaływania neuronu podany przez Mc Cullocha-Pittsa ma charakter binarny, a sygnał wyjściowy neuronu y_i ma postać

$$y_i = f_i \left(\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j(t) + b_i \right) = f_i(u) \quad (1)$$

gdzie:

- y_i – to sygnał wyjściowy,
- w_{ij} – waga liczbowa przepływu sygnału od neuronu i do j ,
- b_i – wartość progowa i -tego neuronu,
- $f_i(u)$ – funkcja aktywacji $0 < f_i(u) < 1$.

W dalszych rozważaniach przyjmujemy, że funkcja ta jest tożsamościowa tj.

$$y_i = \sum_n \frac{1}{n} w_{ij} x_j \quad (2)$$

4. ODDZIAŁYWANIE USZKODZEŃ

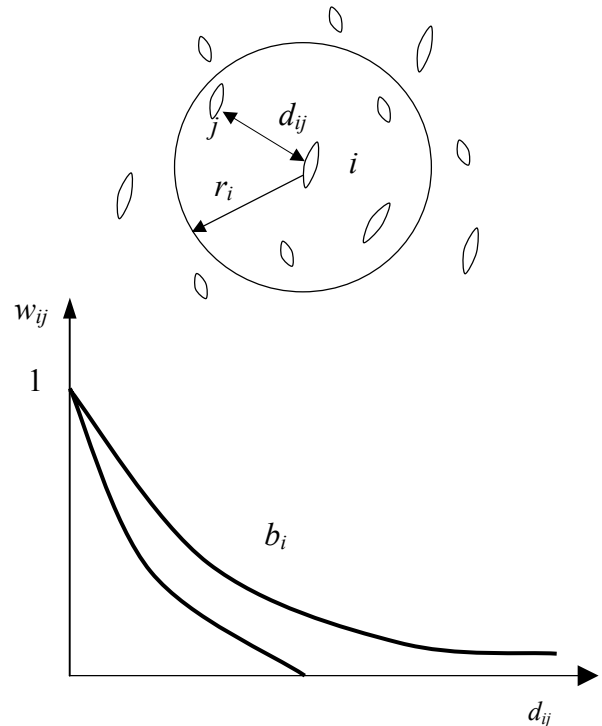
Analogiczne rozważania prowadzone przy oddziaływaniu uszkodzeń powłoki prowadzą do zmian wagi w_{ij}

$$w_{ij} \rightarrow \frac{w}{d_{ij}} \quad (3)$$

gdzie:

- w – stała,
- d_{ij} – odległością między (i)-tym i (j) mikrospęknięciem.

Natomiast wartość progowa b_i określa maksymalną odległość, przy której mikrospękania na siebie oddziałują.



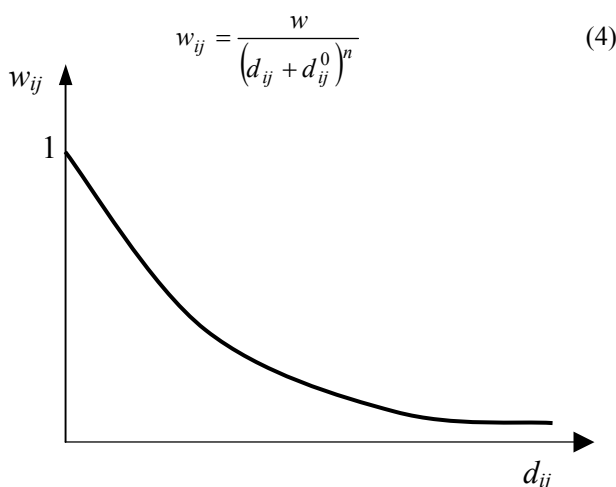
Rys. 3. Promień oddziaływania mikrouszkodzeń.
Fig. 3. The ray of the influence of microcracks.

Sygnał wyjściowy y_i utożsamiam tu będziemy z rozrostem uszkodzenia $y_i \rightarrow 1$, kiedy to funkcja aktywacji przekroczy

ustaloną wartość progową. W przypadku tym połączy się mikrospekanie (i) z najbliższym sąsiadem. W odwrotnym przypadku, kiedy $y_i = 0$ stan spękań w otoczeniu (i) nie ulegnie zmianie.

5. ZANIKANIE ODDZIAŁYWAŃ

Z obserwacji wynika, że łączą się z sobą mikrouszkodzenia z najbliższej odległości. Wynika stąd ich zanikający charakter, który najprościej opisać funkcją wagową postaci



Rys. 4. Zanikanie wagi z odległością.
Fig. 4. The disappearance of the weight with the distance.

Funkcja ta w początku układu przyjmie wartość $\frac{w}{(d_{ij}^0)^n}$

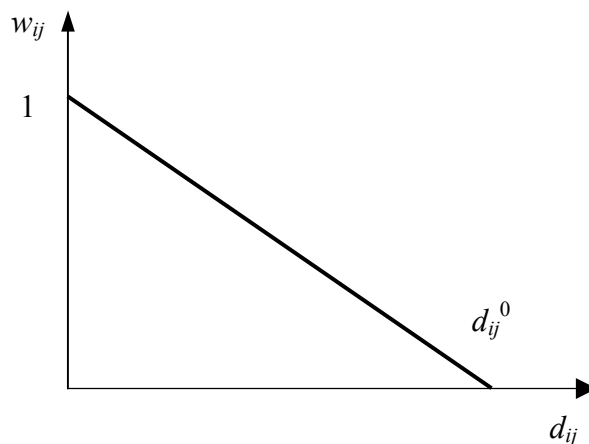
Jeżeli dążyć do jej unormowania, to należy przyjąć, że $w = (d_{ij}^0)^n$.

Ten typ funkcji opisuje jednak oddziaływania z dużych odległości, nawet w przypadku szczególnym $n=1$, czyli

$$w_{ij} = \frac{w}{d_{ij} + d_{ij}^0} \quad (5)$$

Uproszczony typ oddziaływania uzyskamy przyjmując liniowe zanikanie oddziaływań mikrouszkodzeń od ich wzajemnej odległości

$$w_{ij} = -\frac{d_{ij}}{d_{ij}^0} + 1 \quad (6)$$



Rys. 5. Liniowy zanik oddziaływań.
Fig. 5. Linear fading of influences.

Ostatecznie sygnał wyjściowy w (i) ma postać

$$y_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n w_{ij} x_j \quad (7)$$

czyli

$$y_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left(1 - \frac{d_{ij}}{d_{ij}^0} \right) x_j \quad (8)$$

$$0 < y_i < 1$$

Proces zanikania oddziaływań z odległością posiada uzasadnienie fizyczne, a dokładniej analogię do sił oddziaływań międzycząsteczkowych jakie występują w gazach. Oddziaływania te silnie zanikają z odległością. W naszym ujęciu przyjmujemy prosty model liniowego zanikania z odległością. Model ten powinien być uzupełniony badaniami eksperymentalnymi.

6. PODSUMOWANIE

Sieć neuronowa stanowi obecnie bardzo poręczną metodę opisu różnorodnych procesów występujących w działalności człowieka. Najciekawsze jej zastosowanie dotyczy procesów biologicznych, związanych z modelowaniem przesyłu sygnałów. Ciekawe są zastosowania logistyczne w inżynierii informatycznej. Natomiast mniej są znane zastosowania do szacowania stanu zniszczeń zabytków

czy ogólnie w budownictwie. Z tego punktu widzenia podana propozycja opisu procesu narastania uszkodzeń powierzchni zabytkowych malowideł wprowadza nowe sposoby myślenia do konserwacji zabytków a ogólnie do fizyki budowli.

NEURONAL NETS IN THE ANALYSIS OF DAMAGES OF SURFACE

Summary: Neuronal nets were used to the description of growth of the damages of painting coats stepping out on the surfaces of antique plasters. The conditions of influence and the growth of damages in the surface of the plaster were passed.

Literatura

- [1] J. Mulawka: *Systemy ekspertowe*, WNT, Warszawa 1996
- [2] D. Rutkowska, M. Piliński: *Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte*, PWN, Warszawa 1997