

Identyfikacja modelu dynamiki robota KUKA LWR4 przy pomocy sieci neuronowych

Dariusz Rafałko

Automatyka i Robotyka, Biorobotyka

Rok akademicki 2016/2017

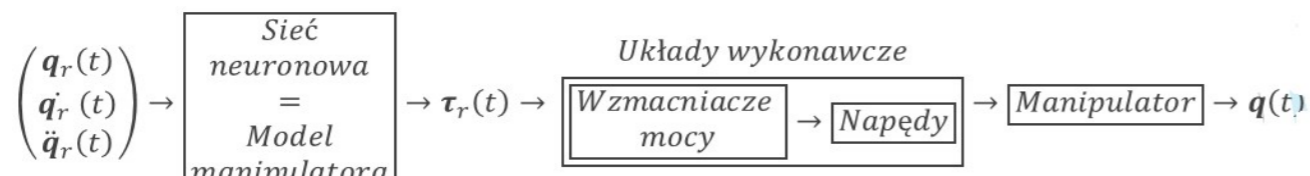
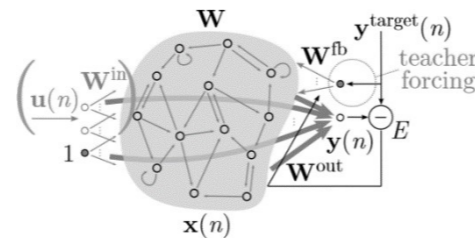
Promotor: dr hab. inż. Marek Wojtyra

1. Wprowadzenie

Roboty przemysłowe stanowią nieocenioną pomoc dla człowieka w licznych czynnościach. W celu poprawienia efektywności i dokładności, czynione są starania związane z polepszeniem systemów sterowania zarówno *online*, jak i *offline*. Model dynamiki robota odgrywa kluczową rolę w tym procesie. W niektórych przypadkach analityczne rozwiązywanie zadań dynamiki manipulatorów jest szczególnie utrudnione, a wręcz czasami niemożliwe. Problemami, przed którymi staje badacz są między innymi: brak wiedzy na temat parametrów dynamicznych robota, niedokładne zaprojektowanie modelu manipulatora wynikające z niedostatecznego poznania struktury złącz czy członów, kłopotliwe modelowanie elastycznych członów oraz nieprzewidziane albo niedokładnie aproksymowane uogólnione siły zewnętrzne (np. tarcie). Możliwym obejściem tego problemu może być aproksymacja modelu robota za pomocą danych zaciągniętych z czujników, które następnie są przetwarzane przez algorytm sieci neuronowej. Praca ta proponuje takie podejście do przeliczania dynamiki manipulatora KUKA LWR4 i wskazuje na architekturę sieci zwaną *Echo State Network* jako tę, która jest w stanie dobrze poradzić sobie z zadaniem.

2. Teoretyczne podstawy użytej metody

Przykładem rekursywnej sieci, która została wybrana w tej pracy do estymowania modelu manipulatora, jest sieć zwana *Echo State Network* (ESN). Problemem, na który pierwotnie miała odpowiadać sieć ESN była identyfikacja, analiza i replikacja chaotycznych szeregów czasowych. Ograniczeniem sieci jest fakt, że zmiany jej wewnętrznej struktury podczas procesowania danych często nie są znane badaczowi. Cechą charakterystyczną sieci, z punktu widzenia praktycznego jej zastosowania, może być stosunkowo długi i uciążliwy proces projektowania. Trudność stanowi odpowiedni dobór parametrów, wybranie techniki trenowania. Jednakże wyniki uzyskiwane przez sieć w pełni rekompensują początkowe niedogodności. Zaproponowana sieć neuronowa będzie pełnić rolę bloczka „Model manipulatora” zaprezentowanego na poniższym schemacie.

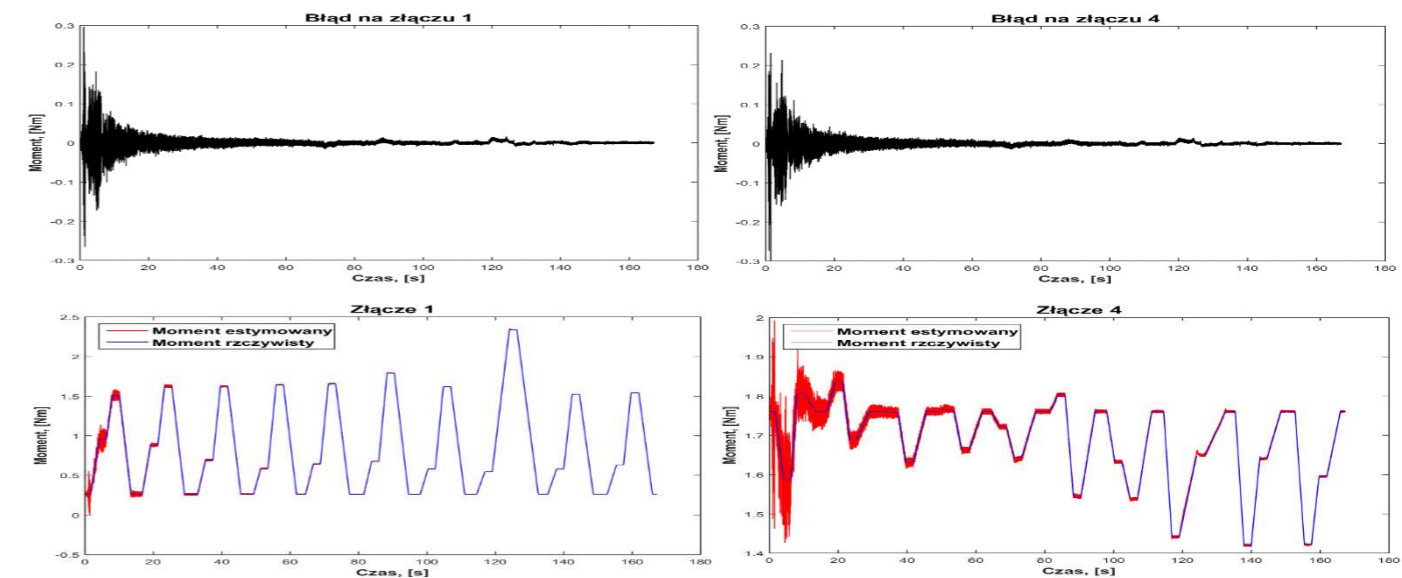


3. Trening sieci

Sieć *ESN* może być trenowana w sposób *offline* albo *online*. Pierwszy sposób oznacza, że przez sieć zostaną przepuszczone dane wejściowe ze wszystkich kroków czasowych, a dopiero po zapoznaniu się z nimi sieć wygeneruje sygnał wyjściowy. Drugi sposób charakteryzuje się tym, że w danym kroku czasowym po otrzymaniu porcji danych wejściowych odnoszących się do danego kroku czasowego, sieć jest w stanie wygenerować porcję danych wyjściowych odnoszących się do tego samego kroku czasowego. W pracy posłużono się obiema metodami. W obu przypadkach były to metody uczenia nadzorowanego, bowiem sieć w każdym kroku była wyposażona w sygnały nauczyciela pochodzące z robota KUKA.

4. Testowanie sieci

Miary błędów dla testu po treningu online zmierzonego miarą *NRMSE* dla poszczególnych złącz wynosiły odpowiednio: 0.0281, 0.0302, 0.0485, 0.1533, 0.0062, 0.0039, 0.8533, a średni błąd wyniósł 0.1605.



5. Wnioski

Sieć *ESN* może być z powodzeniem stosowana do identyfikacji modelu dynamiki. Wyniki predykcji świadczą o tym, że sieć została dobrze zaprojektowana oraz radzi sobie z postawionym przed nią zadaniem oraz charakteryzuje się łatwością implementacji. Zdolność generalizowania sieci została pokazana przy okazji przeprowadzania testów. Pierwszy został przeprowadzony przy użyciu opracowanych w pracy danych, drugi w oparciu o dane zewnętrzne. Uzyskane wyniki świadczą o tym, że sieć może być użyta w systemie sterowania robota. Przeprowadzone badanie udowodniło, że dzięki użyciu sieci neuronowej, badacz unika kosztownego czasowo i obliczeniowo procesu poznawania struktury manipulatora, jego parametrów dynamicznych oraz charakteru złącz i członów. Sieć *Echo State Network* łączy w sobie zaletę szybkiej realizacji zadania z wysoką dokładnością. Sieci udało się wyeliminować wady pojawiające się w układach sterowania z wykorzystaniem zasady obliczanego momentu. Przede wszystkim należy tu wskazać na niecałkowite odsprężenie, które w zaproponowanej metodzie wykorzystującej sieć *ESN* nie miało miejsca, gdyż model manipulatora prawie nie różnił się od rzeczywistego.