

動画の時系列解析による妨害破壊行為動作の検知

Detection of Sabotage Motion by Time Series Analysis of Video

東京大学
東京大学

出町 和之
陳 実

Kazuyuki DEMACHI
Shi CHEN

Member
Member

In this research, a new method was developed to identify the “hand motion” of malicious sabotage behaviors. The Auto-encoder and Auto Associative Neural Network were applied for identification, and the time-series data of finger tips position were used as the training data of these Machine Learning. The identification reliability was more than 66%.

Keywords: Time-Series Data Analysis, Auto-Encoder, Auto Associative Neural Network, Hand Motion Identification, Deep Neural Network, Nuclear Security

1. 緒言

福島第一原子力発電所事故によって、原子力発電所の電源や冷却装置を代表とする枢要設備を意図的に破壊することでも同等の事故を引き起こせる可能性が示された。このため、今後は原子力発電所に対する核セキュリティ脅威が増加すると考えられる。原子力発電所の核セキュリティ脅威の中でも内部脅威者による妨害破壊行為は、通常の保全作業等との区別が困難であるという特徴があり、既存の検知技術での検知は困難である。従って、内部脅威者による妨害破壊行為を検知するためには、行為そのものを詳細に分析し、妨害破壊行為の特徴を検知する新たな判別手法の開発が必要である。妨害破壊行為の特徴を検知するためには、工具による電源盤、回路盤などへの工作のように、手を用いた妨害破壊行為を対象とするのが効果的である。しかし、従来の画像による動作判定手法では、「立つ」「歩く」といった全身行動の検知を対象としており、手の詳細な動作の検知はしていない。本研究では、手の動作が重要な5種類の代表的な妨害破壊行為の動作を対象とし、ニューラルネットワークを用いてこれらを検知・判別する手法を開発した。

2. 手法

2.1 データの取得

Microsoft の製品である Kinect-v2 を用いて、代表的な妨害破壊行為の動作の例として「押す」「叩く」「切る」「掴

む」「まわす」の5種類の動作(j=1~5)を20回繰り返した動画を3人分撮影し、五指の先端の3次元座標を機械学習用の教師データおよびテスト用データとした[1]。なお、テスト用データでは、5種類の動作間にランダムな動作を挟み、これを「未定義(j=6)」とした。

2.2 時系列データの作成

動作jのiフレーム目の五指の指先の3次元座標を縦に並べた15行1列のベクトルを $p_{j,i}$ とし、さらにその60フレーム分を縦に並べて式(1)のような900行1列の時系列データベクトル $x_{j,i}$ を作成して、これを機械学習のための教師データとした。

$$x_{j,i} = (p_{j,i}^T, \dots, p_{j,(i+60-1)}^T)^T \quad (1)$$

2.3 ディープラーニング

Figs.1,2 に Auto-encoder[2]、AANN(Auto Associative Neural Networks)[3]のニューラルネットワークを示す。本研究では、Auto-encode と AANN をそれぞれ積み重ねて特徴量を順次抽出した後に、出力層をソフトマックス層として5種類の動作(j=1~5)の確率 y_j を出力する2つのモデルを構築した。

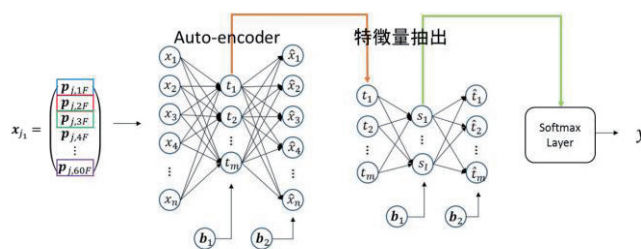
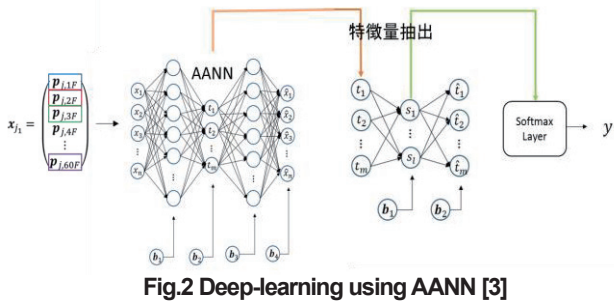


Fig.1 Deep-learning using Auto-encoder [2]

連絡先:出町和之、〒113-8654 東京都文京区本郷 7-3-1、
東京大学大学院工学系研究科原子力専攻、
E-mail: demachi@n.t.u-tokyo.ac.jp



2.4 動作の判定

2つのニューラルネットワークモデルに対してテスト用時系列データを入力として得られる出力 y_i から、式(2)に示す分散 z_j を求め、これを動作の判定に用いた。 z_j が各動作に ($j=1\sim 5$) に対して設定した閾値を超えた場合には、 z_j が最大値となる j に相当する動作 ($j=1\sim 5$) を判定結果とし、閾値を超えない場合には「未定義 ($j=6$)」の動作を判定結果とした。

$$z_j = (\mathbf{y} - \bar{\mathbf{y}})^2 \quad (2)$$

3. 結果と考察

5種類の動作 ($j=1\sim 5$) のテスト用データを入力して、2つのニューラルネットワークモデルから得られた動作確率値 y_i の時間変化の結果を Fig.3, 4 に示す。いずれの手法でも正解の動作が 90%以上で最大の確率を示している。

ただし、「まわす ($j=5$)」の出力値 y_5 が他の動作に比較して小さい。これは、「まわす」の時系列データが他の動作の時系列データとの共通成分を多く持つためであると考えられる。対策として、肩や肘を含めた時系列データを用いることが挙げられる。

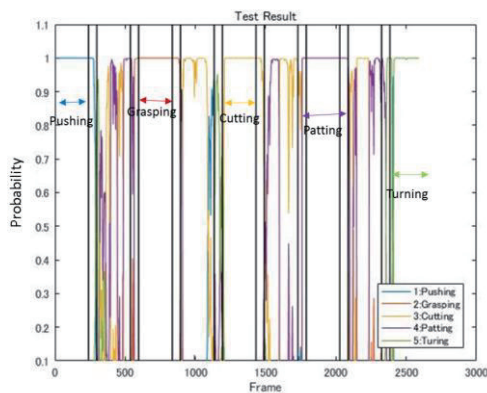


Fig.3 Output of Auto-encoder for 5 motions and unknown motion

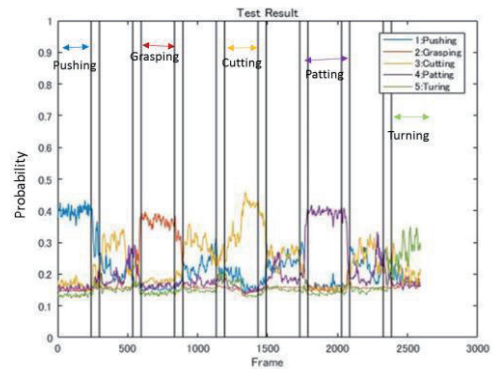


Fig.4 Output of AANN for 5 motions and unknown motion

また、Auto-encoder では、5種類の動作間で「未定義 ($j=6$)」に相当する y_6 がほぼ 1 となり、2.4 で述べた動作判定が出来ず、AANN のみを対象に動作判定を行った。Fig.5 に示すようにその判定の正解率は 65.05% であった。

		Confusion Matrix							
		1	2	3	4	5	6	7	
Output Class	1	230 8.9%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	10 0.4%	95.8% 4.2%
	2	0 0.0%	228 8.8%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	12 0.5%	95.0% 5.0%
	3	0 0.0%	0 0.0%	184 7.1%	0 0.0%	0 0.0%	149 5.8%	53 2.0%	47.7% 52.3%
	4	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	225 8.7%	0 0.0%	0 0.0%	25 1.0%	90.0% 10.0%
	5	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	106 4.1%	0 0.0%	0 0.0%	100% 0.0%
	6	9 0.3%	2 0.1%	34 1.3%	14 0.5%	41 1.6%	646 24.9%	282 10.9%	62.8% 37.2%
	7	0 0.0%	9 0.3%	21 0.8%	0 0.0%	60 2.3%	161 6.2%	90 3.5%	26.4% 73.6%
		86.2% 3.8%	95.4% 4.6%	77.0% 23.0%	94.1% 5.9%	51.2% 48.8%	67.6% 32.4%	19.1% 80.9%	66.0% 34.0%
		1	2	3	4	5	6	7	

Fig.5 Identification Results of 5 motions and unknown motion by AANN

4. 結論

画像解析より得られる五指の指先座標時系列データのディープラーニングによる手の動作検知・判定手法を開発した。AANN を判定の正解率は約 65% であった。

参考文献

- [1] Kazuyuki Demachi, Shi Chen, Yusuke Kawasaki, and Shigeru Kamenoto, "Development of malicious behaviors detection method by movie analysis", IAEA International Conference on Nuclear Security: Commitment and Action, No. 44, Dec 5-9, (2016)
- [2] Geoffrey E. Hinton, R. R. Salakhutdinov, "Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks", Science. 313, 504-507, (2006)
- [3] M.A. Kramer, "Nonlinear Principal Component Analysis Using Autoassociative Neural Networks", AIChE Journal, Vol. 37, No. 2, 233-343, (1991)