Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, v. 9, n. 1, 2022.

Trabalho apresentado no XLI CNMAC, Unicamp - Campinas - SP, 2022.

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics
Preprint

Caracterização de Dados Hospitalares baseada em Quantificadores de Teoria da Informação

Givanildo L. Nascimento-Jr[1], Arthur M. A. Melo[2], André L. L. de Aquino[3]
Instituto de Computação - UFAL, Maceió, AL
Osvaldo A. Rosso[4]
Instituto de Física - UFAL, Maceió, AL

O crescente engajamento de unidades hospitalares e demais serviços de saúde na implementação de práticas de cuidado humanizado tem sido fomentador de mudanças relacionadas tanto ao acolhimento e gestão destes espaços, quanto à sua estruturação. Dessa forma, o controle e identificação de variáveis ambientais que possam afetar a qualidade de atendimento, bem como à saúde dos pacientes, surge como tema de grande interesse por parte de profissionais da saúde e gestores desses estabelecimentos. Por exemplo, a exposição de recém-nascidos a altos níveis de ruído por longos períodos de tempo pode resultar em um aumento de sua pressão arterial e frequência cardíaca, podendo acarretar déficits no desenvolvimento neuropsicomotor ao longo de suas vidas.

Assim, utilizar redes de sensores para monitoramento dessas variáveis é uma prática interessante e que permite ter um maior controle sobre todos esses aspectos físicos do ambiente, verificando se atendem as normas estabelecidas por órgãos competentes, visto que eles podem desequilibrar o comportamento humano. Em função disso, utilizamos um conjunto de dados coletados por sensores que foram instalados em um hospital da cidade de Maceió/AL para desenvolver um estudo e caracterização detalhada das principais variáveis ambientais que afetam os pacientes, como temperatura, umidade, ruído e níveis de iluminação. Para tal, utilizamos descritores de Teoria da Informação, a entropia de Shannon e estatísticas de distribuição de valores de complexidade.

Dada uma série temporal $\mathbf{X}(t) = \{x_t : t = 1, ..., N\}$, construímos a distribuição de probabilidade P correspondente a distribuição proposta por [1]. Para essa distribuição, computamos padrões ordinais de ordem D, para $D > 1$, tal que $(s) \mapsto (x_{s-(D-1)}, x_{s-(D-2)}, \ldots, x_{s-1}, x_s)$ onde, para cada instante de tempo, temos um vetor de dimensão D definido como (s), constituindo uma janela deslizante com salto unitário, e gerando $\mathcal{Y}$ resultados, tal que $\mathcal{Y} = N - D + 1$. Os padrões ordinais de cada vetor (s) correspondem a uma permutação $\pi = \{r_0, r_1, \ldots, r_{D-1}\}$ de $\{0, 1, \ldots, D-1\}$, tal que $x_{s-r_{D-1}} \leq x_{s-r_{D-2}} \leq \ldots \leq x_{s-r_1} \leq x_{s-r_0}$. Dessa forma, nós convertemos o vetor (s) para um símbolo π. Para garantir um resultado único, $r_i < r_{i-1}$ se $x_{s-r_i} = x_{s-r_{i-1}}$. Assim, para todas as π permutações possíveis de ordem D, totalizando $D!$, a distribuição de probabilidade $P \equiv \{p(\pi)\}$, é definida por

$$p(\pi) = \frac{\#\{(s) \,|\, s \leq \mathcal{Y};\ \ (s) \text{ tem tipo } \pi\}}{\mathcal{Y}}, \tag{1}$$

sendo # um operador de cardinalidade do conjunto. Em outras palavras, para qualquer série temporal, procuramos padrões ordinais de ordem D, que determinam o número de estados acessíveis

[1]givanildo.lima@laccan.ufal.br
[2]monteiroamelo@gmail.com
[3]alla@laccan.ufal.br
[4]oarosso@gmail.com

$D!$ e, a partir da frequência de ocorrência do símbolo, encontramos a distribuição de probabilidade de permutação.

A entropia de uma série temporal é calculada utilizando o conceito da entropia clássica de Shannon para distribuições discretas. Dada uma função de probabilidade $P = \{p_k : k = 1, ..., N\}$ sobre N valores, essa medida é dada por:

$$S(P) = -\sum_{k}^{N} p_\kappa \ logp_\kappa \tag{2}$$

A entropia clássica de Shannon [5] mede a desordem de um sistema, considerando a probabilidade desse sistema apresentar um estado k, estando relacionada com as informações do processo físico descrito pela função de probabilidade P.

Uma medida eficaz de complexidade estatística **C** foi desenvolvida por [2], sendo capaz de detectar detalhes essenciais da dinâmica de um sistema e diferenciar entre o caos e periodicidade (em diferentes graus). Então, seguindo a noção de complexidade apresentada em [3], temos que a complexidade é dada pelo produto

$$C_{JS}[P] = Q_J[P, P_e]H_s[P] \tag{3}$$

sendo o desequilíbrio Q_J medido através do divergente de Jensen-Shannon, que quantifica a diferença entre duas (ou mais) distribuições de probabilidade e $H_s[P]$ é a entropia normalizada dada por $H_s[P] = S[P]/S_{max}$, onde $S_{max} = S[P_e] = ln\ N$ e $P_e = \{1/N, ..., 1/N\}$ é a distribuição uniforme.

Partindo dos descritores mencionados, o Plano de Causalidade Complexidade-Entropia (CCEP) foi definido por [4], com o objetivo de categorizar diferentes cenários de caos. Utilizando o CCEP, os quantificadores de teoria da informação e processos estocásticos, como ruídos coloridos com espectro de potência como referências nos planos, efetuamos uma caracterização das variáveis ambientais coletadas em três ambientes distintos de um hospital de Maceió/AL. Assim, foi possível efetuar um estudo das dinâmicas dessas variáveis ao longo do tempo, identificando similaridades e diferenças entre os ambientes analisados e as variáveis observadas, a partir da posição ocupada por cada elemento no CCEP, indicando suas medidas de infomação associadas.

Agradecimentos

Agradecemos a FAPEAL pelo apoio financeiro prestado.

Referências

[1] Christoph Bandt e Bernd Pompe. “Permutation entropy: a natural complexity measure for time series”. Em: **Physical review letters** 88.17 (2002), p. 174102.

[2] PW Lamberti et al. “Intensive entropic non-triviality measure”. Em: **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications** 334.1-2 (2004), pp. 119–131.

[3] Ricardo Lopez-Ruiz, Hector L Mancini e Xavier Calbet. “A statistical measure of complexity”. Em: **Physics Letters A** 209.5-6 (1995), pp. 321–326.

[4] OA Rosso et al. “Distinguishing noise from chaos”. Em: **Physical review letters** 99.15 (2007), p. 154102.

[5] Claude Elwood Shannon. “A mathematical theory of communication”. Em: **Bell system technical journal** 27.3 (1948), pp. 379–423.