

WROCLAW UNIVERSITY OF SCIENCE AND  
TECHNOLOGY  
FACULTY OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY

PH.D. DISSERTATION

The impact of centralisation on the accuracy of  
collective prediction

Rafał Palak

*Supervisor: Prof. Dr. Sc. Ph.D. Ngoc Thanh Nguyen*

WROCLAW 2022

**STRESZCZENIE**

Niniejsza rozprawa skupia się na jednym z aspektów kolektywnej inteligencji – kolektywnej predykcji. Celem tej rozprawy jest zbadanie wpływu centralizacji na kolektywną predykcję. W związku z tym została zdefiniowana następująca hipoteza:

*Wzrost centralizacji kolektywu prowadzi do wzrostu zmienności kolektywnej predykcji*

Hipoteza została potwierdzona za pomocą dowodów matematycznych, a następnie empirycznie potwierdzona eksperymentami, które wykazują zwiększoną zmienność błędu predykcji dla scentralizowanych kolektywów. Ponadto w pracy przedstawiono i szczegółowo opisano nowy model kolektywu. Model powstał w wyniku przeglądu literatury, który wykazał ograniczenia w możliwościach opisu, jakie dają istniejące modele. Dlatego model charakteryzuje się elastycznością, która pozwala na opisanie różnych cech kolektywu. Model pozwala opisać cechy wyróżniane w innych modelach, dlatego przedstawiony model może być rozumiany jako metamodel kolektywu. Na podstawie zaproponowanego modelu zdefiniowano nowy framework dla systemów wieloagentowych. Wyniki eksperymentów

09.05.2022 Palak

dowodły, że framework pozwala osiągnąć lepsze wyniki niż wyniki poszczególnych agentów wchodzących w skład systemu. Wraz z frameworkiem zdefiniowano nowy typ funkcji agregacji, a mianowicie łączoną funkcję agregacji. Funkcja ta umożliwia wykorzystanie cech kolektywnych w definicji funkcji agregacji. Ponadto pozwala uwzględnić wpływ, jaki te cechy mogą mieć na ostateczną predykcję zbiorową. Niniejsza rozprawa wprowadza również wymagania dla funkcji centralizacji. Co więcej, ich formalne definicje wraz z twierdzeniami dotyczącymi tych wymagań zostały udowodnione matematycznie. Wymagania dla miar centralizacji zostały określone w dwóch wariantach: dla grafów nieskierowanych nieważonych oraz dla grafów skierowanych ważonych. W oparciu o te wymagania wprowadzono dwie nowe funkcje centralizacji, odpowiednio jedną dla grafów nieskierowanych nieważonych i jedną dla grafów skierowanych ważonych. Zapropozowane miary rozwiązują problemy przedstawione w przeglądzie literatury. Ponadto miary te charakteryzują się niską złożonością obliczeniową.

WROCLAW UNIVERSITY OF SCIENCE AND  
TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY

PH.D. DISSERTATION

The impact of centralisation on the accuracy of  
collective prediction

Rafał Palak

*Supervisor: Prof. Dr. Sc. Ph.D. Ngoc Thanh Nguyen*

WROCLAW 2022

**ABSTRACT**

This thesis focuses on one aspect of collective intelligence - collective prediction. The purpose of this thesis is to investigate the influence of centralization on collective prediction. Therefore, the following hypothesis was formed:

*An increase in the collective's centralization leads to an increase in the variability of prediction.*

The hypothesis was proved by mathematical analysis and then by experiments that show increased variability of prediction for centralized collectives. In addition, new collective model was presented and described in detail in the thesis. The model is a result of an extensive literature review that shows limitations in the description possibilities offered by existing models. Therefore, the model is characterized by its flexibility that allows describing various characteristics. Additionally, the model allows to describe characteristics distinguished in other models. That's why this model can be understood as a collective metamodel. Based on the introduced model a new collective framework for multi-agent systems was defined. Further, experimental results proved that the framework allows to achieve better results than the results of individual agents that are part of the

09.05.2022 Rafał

system. Along with the framework a new type of aggregation function was defined, namely a combined aggregation function. This function enables the use of collective features in definition of aggregation functions. Moreover, it allows to include the influence those features might have on the final collective prediction. This thesis also introduces requirements for centralization measures. Moreover, their formal definitions, along with theorems for those requirements were mathematically proved. Requirements for the centralisation measures were defined in two variants, namely for undirected unweighted graphs and for directed weighted graphs. Based on these requirements two new centralization functions were introduced, respectively one for undirected unweighted graph and one for directed weighted graphs. The introduced measures fix problems shown in the literature review. Moreover, those measures are characterized by low computational complexity.