

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-15-0602**

Prediktívny systém monitorovania a vyhodnocovania účinnosti výroby a dodávky tepla s využitím techník výpočtovej inteligencie

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Ján Piteľ, PhD.**

Príjemca **Technická univerzita v Košiciach - Fakulta výrobných technológií, Prešov**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Technická univerzita v Košiciach, Fakulta výrobných technológií so sídlom v Prešove

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Česká republika
Sumy State University, Faculty of Technical Systems and Energy Efficient Technologies, Ukraine

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Mižáková, J., Piteľ, J. Technická univerzita v Košiciach, Spôsob filtrovania signálov využitím funkcií príslušnosti a exponenciálneho zabúdania, PP 50066-2020.

Mižáková, J., Balara, M. Technická univerzita v Košiciach, Komínový výmenník tepla spalínových plynov, zverejnená PP 50046-2020.

Mižáková, J., Balara, M. Technická univerzita v Košiciach, Systém riadenia teploty objektov so slučkami regulácie stavových veličín, zverejnená PP 50064-2019.

Mižáková, J., Piteľ, M. Technická univerzita v Košiciach. Filter s funkciami príslušnosti a exponenciálnym zabúdaním, zverejnená PP 50067-2018.

Židek, K., Hošovský, A., Piteľ, J. Technická univerzita v Košiciach, Zariadenie na meranie nadrozmerných súčiastok pomocou kamerového systému, Patent č. 288809, Banská Bystrica: ÚPV SR, 2020, 5 s.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

Hošovský, A., Piteľ, J., Adámek, M., Mižáková, J., Židek, K. Comparative study of week-ahead forecasting of daily gas consumption in buildings using regression ARMA/SARMA and genetic-algorithm-optimized regression wavelet neural network models. Journal of Building Engineering, in press, 101955, 20 p. ISSN 2352-7102

Khovanskyi, S., Pavlenko, I. Piteľ, J., Mižáková, J., Ochowiak, M., Grechka, I. Solving the coupled aerodynamic and thermal problem for modeling the air distribution devices with perforated plates. Energies, Vol. 12, No. 18 (2019), 16 p. ISSN 1996-1073

Mižáková, J., Piteľ, J., Hošovský, A. Kolarčík, M., Ratnayake, M. Using Special Filter with Membership Function in Biomass Combustion Process Control. Applied Sciences, Vol. 8, Issue 8, 2018, 13 p. ISSN 2076-3417.

Hošovský, A., Pitel, J., Mižáková, J., Židek, K. Introductory Analysis of Gas Consumption Time Series in Non-Residential Buildings for Prediction Purposes Using Wavelet Decomposition. MM Science Journal, December, 2018, pp. 2648-2655. ISSN 1803-1269
Čorný, I. Overview of Progressive Evaluation Methods for Monitoring of Heat Production and Distribution. Procedia Engineering, Vol. 190, 2017, pp. 619-626. ISSN 1877-7058
Mižáková, J., Pitel, J. An analytical dynamic model of heat transfer from the heating body to the heated room. In: 21st International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2017), Crete Island, Greece, July 14-17, 2017, MATEC Web of Conferences 125, 02047 (2017), 5 p. eISSN: 2261-236X

Uplatnenie výsledkov projektu

Zrealizovaný a v podmienkach prevádzkovateľa zdrojov tepla otestovaný prediktívny systém monitorovania a vyhodnocovania účinnosti výroby a dodávky tepla umožňuje on-line vyhodnocovať účinnosť zdroja tepla na báze spaľovania zemného plynu, ale aj iných zdrojov energie, pokiaľ sú tieto merateľné technológiami smart meteringu, ako napr. elektrickej energie, geotermálnej energie, slnečnej energie a pod. V projekte realizované postupy a navrhnuté riešenia sú okrem monitorovania a on-line vyhodnocovania účinnosti zdrojov tepla vo všeobecnosti využiteľné pre on-line monitorovanie a predikciu spotrieb energií v budovách, halách a pod. Na tento účel otestované riešenia založené na internetových technológiách a technológiách smart meteringu môžu významne prispieť ku zvýšeniu hospodárnosti prevádzky budov, zvýšeniu spoľahlivosti dodávok energie, zvýšeniu efektívnosti premeny energie, zníženiu energetickej náročnosti a tým aj k redukcii nepriaznivých vplyvov na životné prostredie. Dosiahnuté výsledky riešenia projektu a získané poznatky v priebehu jeho riešenia sú uplatniteľné, a v mnohých smeroch sú aj východiskom, pre ďalší výskum a vzdelávanie v oblasti smart a inteligentných systémov pre hospodársku a priemyselnú sféru.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Na základe vykonanej analýzy systémov monitorovania a riadenia výroby a dodávky tepla u potenciálneho odberateľa výsledkov projektu bola navrhnutá koncepcia prediktívneho monitorovacieho systému a pre výskumné účely bola vytvorená testovacia aplikácia v SCADA systéme pre on-line sledovanie a generovanie procesných dát aj s možnosťou integrácie monitorovaných a predikovaných dát do cloudovej platformy. Ako finálna aplikácia systému monitorovania zdrojov tepla umožňujúca on-line vyhodnocovaním účinnosti pre nasadenie u výrobcu a dodávateľa tepla bola vytvorená runtime aplikácia v SCADA systéme, ktorá komunikuje s riadiacimi systémami procesnej úrovne viacerých zdrojov tepla. V oblasti výskumu predikčných modelov bola vykonaná analýza časových radov spotreby plynu pre vykurovanie vybraných budov, pričom k modelovaniu časových radov boli použité dva prístupy, a to klasický prístup pomocou modelov ARMA, resp. SARMA a pokročilý prístup z oblasti výpočtovej inteligencie využitím transformácie pomocou waveletov a sigmoidálnych neurónových sietí spolu s binárnym genetickým algoritmom (regWANN modely). Kvalita predikcie s časovým horizontom jedného týždňa bola vyhodnocovaná v dvoch základných režimoch: ex ante (využitie predpovede počasia) a ex post (využitie zaznamenaných teplôt). GA-optimalizované regWANN modely vykazovali nižšiu priemernú chybu týždennej predikcie ako reg(S)ARMA modely a boli schopné do istej miery korigovať nepresnosť predpovede teploty.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

Based on the results of analysis of control and supervision systems for heat generation and supply at possible customer, a concept of predictive supervision system was proposed. To provide online process data monitoring and generation, a test application for research purposes was created in SCADA system with capability of integration of monitored and predicted data into the cloud platform. As a final output of heat supervision system with online efficiency evaluation capability intended for heat producers and suppliers, a runtime SCADA application communicating with control systems of several heat sources at the process level was created. In the area of prediction models research, an analysis of time series of gas consumption for selected buildings was carried out and two approaches were

tested: both of the models used temperature regression and time series error modeling, whereas one of them was based on traditional prediction models (regARMA/SARMA) and the second one was based on wavelet analysis and sigmoid neural networks optimized using the binary genetic algorithm (regWANN models). The model performance was tested with one-week forecasting horizon in two modes: ex ante (with forecasted temperatures) and ex post (with recorded temperatures). GA-optimized regWANN model improved the forecasting accuracy of reg(S)ARMA model and was capable of compensating for the inaccuracies in temperature forecasts to a certain extent.