

*Д.В. Штакин, О.Ю. Снегирев, А.Ю. Торгаилов  
(Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН)*

### **Метод построения виртуальных анализаторов в условиях малой обучающей выборки для управления качеством целевых продуктов фракционатора установки гидрокрекинга**

*Рассматривается задача повышения точности виртуальных анализаторов показателей противоположных свойств и воспламеняемости целевых продуктов фракционатора установки гидрокрекинга в условиях малой обучающей выборки. Предложен метод построения виртуальных анализаторов показателей качества целевых продуктов, не относящихся к группе показателей испаряемости. В составе метода используется алгоритм расширения малой обучающей выборки с учетом введенного показателя разреженности. Показана эффективность предложенного метода в сравнении с подходами к построению виртуальных анализаторов без расширения обучающей выборки или с расширением обучающей выборки без учета показателя разреженности на примере моделирования таких показателей качества как кинематическая вязкость среднего дистиллята при 40°C и температура вспышки керосиновой фракции в закрытом тигле.*

*Ключевые слова: виртуальный анализатор, малая выборка, разреженность, расширение выборки, нейронная сеть, ректификация, показатели испаряемости, показатели противоположных свойств, показатели воспламеняемости.*

**Штакин Денис Владимирович** – младший научный сотрудник,  
**Снегирев Олег Юрьевич** – канд. техн. наук, научный сотрудник,  
**Торгаилов Андрей Юрьевич** – д-р техн. наук, главный научный сотрудник ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления» Дальневосточного отделения Российской Академии наук (ИАПУ ДВО РАН).

#### **Список литературы**

- 1. Пропой А. И. Применение методов линейного программирования для синтеза импульсных автоматических систем // Автоматика и телемеханика. 1963. Т. 24, № 7. С. 912–920.*
- 2. Перельман И.И. Динамическая оптимизация в АСУТП на базе алгоритмов условного прогнозирования // Автоматика и телемеханика. 1978. №9. С. 146-160.*
- 3. Perelman I.I., Dozortsev V.M. Quasioptimal Process Control with Production Cost Minimization // Proc. 2nd IFAC/IFORS Symposium Optim. Methods - Varna (Bulgaria). 1979. P. 271-278.*
- 4. Бахтадзе Н.Н. Виртуальные анализаторы (идентификационный подход) // Автоматика и телемеханика. 2004. № 11. С. 3–24.*
- 5. Napoli G., Xibilia M.G. Soft Sensor design for a Topping process in the case of small datasets // Computers and Chemical Engineering. 2011. Vol. 35. Issue 11. P. 2447-2456.*
- 6. Самотылова С.А., Торгаилов А.Ю. Применение физически обоснованной математической модели массообменного технологического процесса для повышения точности оценивания качества конечного продукта // Теоретические основы химической технологии. 2022. Т. 56, № 3. С. 379-396.*
- 7. Li D, Lin L., Peng L. Improving learning accuracy by using synthetic samples for small datasets with non-linear attribute dependency // Decision Support Systems. 2014. Vol. 59. P. 286-295.*
- 8. Chang C., Li D., Huang Y., Chen C. A novel gray forecasting model based on the box plot for small manufacturing data sets // Applied Mathematics and Computation. 2015. Vol. 265. P. 400-408.*
- 9. Chen Z., Zhu B., He Y., Yu L. A PSO based virtual sample generation method for small sample sets: Applications to regression datasets // Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2017. Vol. 59. P. 236-243.*

10. Zhu Q., Hou K., Chen Z., Gao Z., Xu Y., He Y. Novel virtual sample generation using conditional GAN for developing soft sensor with small data // Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2021. Vol. 106. No. 104497.
11. Allison B., Guthrie D., Guthrie L. Another look at the data sparsity problem // Text, Speech and Dialogue. 2006. Vol. 4188. P. 327-334.
12. Mahdi N., Behrouz M., Zeinab S. Adjusting data sparsity problem using linear algebra and machine learning algorithm // Applied Soft Computing. 2017. Vol. 61. P. 1153-1159.
13. Zhong W., Yu J. MIMO soft sensors for estimating product quality with on-line correction // Chemical Engineering Research and Design. 2000. Vol. 78. Issue 4. P. 612-620.
14. Yuan X., Zhou J., Wang Y. A comparative study of adaptive soft sensors for quality prediction in an industrial refining hydrocracking process // IEEE 7th Data Driven Control and Learning Systems Conference. 2018. P. 1064-1068.
15. Wang Y., Wu D., Yuan X. A two-layer ensemble learning framework for data-driven soft sensor of the diesel attributes in an industrial hydrocracking process // Journal of Chemometrics. 2019. Vol. 33. Issue 12. e3185.

**Shtakin D.V., Snegiryov O.Yu., Torgashov A.Yu.** Soft sensor development based on small training sample for quality control of hydrocracker's fractionator products

*The paper discusses the improvement of the accuracy of soft sensors of anti-wear properties and flammability indicators of hydrocracker fractionator's products in small training sample conditions. It offers a soft sensor development technique for product properties not related with volatility. The technique includes an algorithm for small sample expansion with reference to the introduced sparsity index. The method's effectiveness is demonstrated as against the approaches to soft sensor development without training sample extension or with its extension but not allowing for sparsity index. Kinematic viscosity of mid distillate at 40 C and kerosene flash point in a closed crucible were chosen for comparison.*

*Keywords: soft sensor, small sample, sparsity, sample expansion, neural network, rectification, volatility indicators, indicators of anti-wear properties, flammability indicators.*