

*В.М. Дозорцев, В.Н. Максименков, А.К. Власов (Центр цифровых технологий, Группа Рубитех)*

**Нормативно-описательный метод автоматического оценивания действий операторов технологических процессов**

*Предлагается и исследуется гибридная нормативно-описательная оценка исполнения оператором технологических процедур. Нормативная часть необходима для определения качества искусственно порождаемых вариантов исполнения. Полученные выборки вариантов визуализируются в пространстве пониженной размерности методом главных компонент и разделяются по качеству ограждаемыми тоннелями. Принадлежность конкретной траектории исполнения к определенному тоннелю формирует описательную оценку действий оператора в тренинге и в реальном управлении технологическим объектом. Проведен пилотный эксперимент с использованием тренажёрной модели печи на двойном топливе, подтвердивший высокую надежность гибридной оценки.*

*Ключевые слова: автоматическая оценка действий операторов, нормативное и описательное оценивание, нормативно-описательная оценка действий оператора, траектория выполнения процедуры, метод главных компонент, ограждающие тоннели.*

**Дозорцев Виктор Михайлович** – д-р техн. наук, директор по развитию бизнеса,

**Максименков Владимир Николаевич** – старший инженер,

**Власов Артем Константинович** – старший инженер, Центр цифровых технологий (группа Рубитех).

**Список литературы**

1. Lebedev V.G., Legovich Yu.S., Kulida E.L. and Rozhdestvenskii D.B. Computerized simulator for training the operators of facilities for destruction of chemical weapons // 12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM 2006). Saint-Etienne, 2006. Vol. 2. P. 771–776.
2. Кулида Е.Л. Об одном подходе к автоматизации процесса обучения в компьютерном тренажёрном комплексе // Автоматизация в промышленности. 2009. №7. С. 52–57.
3. Дозорцев В.М. Методики компьютерного тренинга операторов – ключевой элемент тренажерных систем (современные тенденции) // Автоматизация в промышленности. 2011. № 7. С. 3–9.
4. Park C.J., Hyun J.S. A peer-assessment system connecting online and a face-to-face smart classroom // Life Science Journal. 2014. V. 11. N 7. С. 700–705.
5. Дозорцев В.М., Агафонов Д.В., Назин В.А. и др. Компьютерный тренинг операторов: непреходящая актуальность, новые возможности, человеческий фактор // Автоматизация в промышленности. 2015. № 7. С. 8–20.
6. Погорелов В.П., Фролов А.И., Новичков А.Ю. и др. Российская тренажерная платформа DeltaSim: характеристики, преимущества, история создания // Автоматизация в промышленности. 2022. № 9. С. 10–16.
7. Файзрахманов Р.А., Полевицков И.С. Моделирование процесса автоматизированного управления формированием профессиональных навыков оператора производственной системы // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. №1. С. 181–190.
8. Alamo J., Ross M. Solve operator training in a challenging refining industry // Hydrocarbon Processing. 2017. Vol. 96. Pp. 67–69.
9. Manca D. et al. Performance Indicators for Training Assessment of Control-Room Operators // Chemical Engineering Transactions. 2012. Vol. 26. Pp. 285–290.
10. Manca D. et al. Procedure for Automated Assessment of Industrial Operators // Chemical Engineering. 2014. Vol. 36. Pp. 391–396.

11. Jolliffe I.T. *Principal Component Analysis, Series: Springer Series in Statistics, 2nd ed.* Springer. NY. 2002. XXIX. 487 p.
12. Marcano L. et al. *Using the concept of data enclosing tunnel as an online feedback tool for simulator training // Proc. 59th Conf. Simulation and Modelling, 2018, Oslo, Norway. Linköping Electronic Conference Proceedings. Vol. 153(19). Pp. 132–139.*
13. Marcano L. *A methodology for building a data-enclosing tunnel for automated online-feedback in simulator Training // Computers and Chemical Engineering. 2020. Vol. 132. 106621 p.*
14. Katz M. *Jung's theorem in complex projective geometry // Quarterly Journal of Mathematics Oxford, Ser. 2. 1985. Vol. 36 (144). Pp. 451–466.*

**Dozortsev V.M., Maksimenkov V.N., Vlasov A.K.** Normative-descriptive technique for automatic evaluation of process operator actions

*The paper offers and examines the hybrid normative-descriptive evaluation of procedure implementation by process operators. The normative part is necessary for determining the quality of artificially generated implementation variants. The obtained variant samples are visualized in the space with the dimensionality reduced by principal component analysis and separated subject to quality by means of enclosing tunnels. The membership of a path to a certain tunnel forms a descriptive estimate of operator's actions either in the training session or at the real-life process plant. A pilot experiment was undertaken with a simulation model of a dual feed heater, which has confirmed the high reliability of the hybrid estimate.*

Keywords: automatic evaluation of operator's actions, normative and descriptive evaluation, normative and descriptive estimate of operator's actions, procedure implementation path, principal component analysis, enclosing tunnels.